D. E. RAVALICO

l'AUDIO LIBRO

AMPLIFICATORI - ALTOPARLANTI - MICROFONI
DISCHI FONOGRAFICI - REGISTRATORI MAGNETICI

SESTA EDIZIONE 1965
AMPLIATA ED AGGIORNATA



HOEPLI

OPERE DELLO STESSO AUTORE

Per studenti di radiotecnica:

Corso preparatorio per radiotecnici, in due volumi:

Volume primo: RADIO ELEMENTI

Volume secondo: L'APPARECCHIO RADIO

Volume terzo: APPARECCHI RADIO A TRANSISTOR

Il Corso è preceduto da un volumetto preliminare adatto per principianti, dal titolo:

PRIMO AVVIAMENTO ALLA CONOSCENZA DELLA RADIO

Per radiotecnici costruttori, installatori e riparatori:

IL RADIO LIBRO

IL VIDEO LIBRO

L'AUDIO LIBRO

SERVIZIO RADIOTECNICO, in due volumi

SERVIZIO VIDEOTECNICO, in due volumi

SCHEMARIO DEGLI APPARECCHI RADIO PREBELLICI

SCHEMI DI APPARECCHI RADIO, in due volumi

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

D. E. RAVALICO

L'AUDIO LIBRO

AMPLIFICATORI - ALTOPARLANTI - MICROFONI DISCHI FONOGRAFICI - REGISTRATORI MAGNETICI

IL SUONO - IL MICROFONO E L'ALTOPARLANTE - IL DISCO FONOGRAFICO LE FONOVALIGIE - L'AMPLIFICATORE AD AUDIOFREQUENZA - DATI PRATICI E SCHEMI PER LA COSTRUZIONE DI COMPLESSI SONORI - IMPIANTI SONORI AD ALTA FEDELTÀ (Hi-Fi) - IMPIANTI STEREOFONICI DATI PRATICI E SCHEMI DI IMPIANTI DI DIFFUSIONE SONORA PER SALE DA BALLO, SCUOLE, CHIESE, CAMPI SPORTIVI, ECC. - APPARECCHI INTERFONICI AD ALTA VOCE - DATI PRATICI E SCHEMI DI REGISTRATORI MAGNETICI

SESTA EDIZIONE AMPLIATA E AGGIORNATA
Con 362 figure di cui 6 tavole fuori testo

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO
1965

INDICE DEI CAPITOLI

CAPITOLO PRIMO

IL SUONO

1. - L'INTENSITÀ SONORA

2. - LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

3. - L'ORECCHIO

CAPITOLO SECONDO

LA RIPRODUZIONE SONORA

CAPITOLO TERZO

L'ALTOPARLANTE

CAPITOLO QUARTO

IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE

1. - IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE SINGOLO

2. - IL COLLEGAMENTO DI PIÙ ALTOPARLANTI

CAPITOLO QUINTO

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

1. - SCHERMI E CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI

2. - LA RIPRODUZIONE ACUSTICA AD ALTA FEDELTÀ

CAPITOLO SESTO

DISCHI, FONORIVELATORI E FONOVALIGIE

1. - IL DISCO NORMALE ED IL DISCO A MICROSOLCO

2. - IL RIVELATORE FONOGRAFICO

3. - IL CAMBIADISCHI AUTOMATICO

CAPITOLO SETTIMO

IL MICROFONO

CAPITOLO OTTAVO

L'AMPLIFICATORE

1. - CARATTERISTICHE GENERALI

2. - L'AMPLIFICATORE IN CONTROFASE

3. - LA REAZIONE INVERSA

4. - L'AMPLIFICATORE STEREO

5. - L'AMPLIFICATORE AD ALTA FEDELTÀ

6. - I CONTROLLI DI RESPONSO

CAPITOLO NONO

ESEMPI DI AMPLIFICATORI A VALVOLE

2. - AMPLIFICATORI CON VALVOLA FINALE

3. - AMPLIFICATORI CON DUE VALVOLE FINALI IN CONTROFASE

4. - AMPLIFICATORI STEREOFONICI

CAPITOLO DECIMO

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

CAPITOLO UNDICESIMO

L'IMPIANTO INTERFONICO

CAPITOLO DODICESIMO

LA REGISTRAZIONE MAGNETICA

PRINCIPI BASILARI E CENNI STORICI

CAPITOLO TREDICESIMO

COMANDI E RUOTISMI DEL REGISTRATORE MAGNETICO

CAPITOLO QUATTORDICESIMO

IL COMPLESSO ELETTRONICO DEL REGISTRATORE MAGNETICO

CAPITOLO QUINDICESIMO

ESEMPI DI REGISTRATORI MAGNETICI

CAPITOLO PRIMO

IL SUONO

1. — L'INTENSITA' SONORA

La sensazione auditiva.

Il suono è una sensazione; è la sensazione auditiva che percepiscono tutti gli esseri viventi provvisti dell'organo dell'udito: l'orecchio.

La sensazione auditiva è dovuta alle onde sonore. Ciascun'onda sonora consiste in una compressione seguita dalla corrispondente rarefazione dell'aria, ossia dalla semionda positiva seguita dalla semionda negativa, eguale e contraria, come avviene per le onde che si propagano sull'acqua. Le onde sonore si diffondono sfericamente tutto all'intorno della sorgente sonora, a velocità costante, compresa tra 333 e 334 metri al secondo.

Esse destano nell'orecchio vibrazioni simili a quelle che le hanno prodotte; ad esempio, le vibrazioni delle corde di un violino o di un pianoforte si trasferiscono nell'aria sotto forma di onde sonore, le quali mettono a loro volta in vibrazione la membrana posta all'entrata dell'orecchio. Tramite un complicato procedimento, l'orecchio converte le vibrazioni in altre onde, simili a quelle della corrente elettrica, le quali si propagano lungo appositi conduttori filiformi, e raggiungono il cervello, dove ha luogo la sensazione vera e propria.

Vi sono da considerare tre fenomeni distinti. Vi è anzitutto il *fenomeno fisico* della produzione delle onde sonore e della loro propagazione; vi è quindi il *fenomeno fisiologico* per cui l'orecchio produce gli stimoli auditivi e li trasmette al cervello; ed infine vi è il *fenomeno psichico* della sensazione auditiva, ossia della percezione delle voci, dei suoni, della musica e dei rumori.

Il fenomeno fisico è stato ampiamente studiato dalla scienza, la quale ne ha scoperto quasi tutte le leggi; il fenomeno fisiologico relativo al meccanismo dell'orecchio è invece ancora poco noto, se ne intravede appena qualche parte. Il fenomeno psichico è del tutto incomprensibile e costituisce un mistero impenetrabile.

Con il termine SUONO si dovrebbe intendere soltanto la sensazione auditiva, così come con il termine LUCE si dovrebbe intendere solo la sensazione visiva, ciò per il fatto che il suono e la luce esistono solo come percezioni del cervello, ossia esistono soltanto nell'interno degli esseri viventi provvisti di orecchi e di occhi, e non già al di fuori di essi. Nello spazio che li circonda esistono onde sonore e onde luminose.

È il cervello che fa vivere ciascuno di noi nel mondo di suoni e di luci che ci circonda, il quale è in realtà un mondo assolutamente silenzioso e buio. Ma poichè è molto facile vivere all'esterno di noi, ed è invece molto difficile vivere nell'interno di noi, in pratica i due termini *suono* e *onda sonora* diventano sinonimi, benchè uno esprima l'effetto e l'altro la causa, appunto come diventano sinonimi i due termini *luce* e *onde luminose*.

Gamma delle intensità sonore

I suoni si distinguono anzitutto per l'*intensità* e la *frequenza*. La gamma delle *intensità sonore* è estremamente vasta, i suoni fortissimi sono miliardi di volte più intensi dei suoni debolissimi. L'orecchio non percepisce tutti i suoni; percepisce suoni debolissimi purchè possiedano una certa intensità, detta *intensità di soglia;* esiste tutta una vasta gamma di suoni debolissimi, ed estremamente deboli, che l'orecchio non può percepire, la cui esistenza viene messa in evidenza mediante l'amplificazione, appunto come esistono oggetti tanto piccoli da non poter essere visti ad occhio nudo.

Esistono anche suoni estremamente forti, d'intensità enorme, e di durata brevissima, come ad es. lo scoppio di una grossa bomba. Anche essi non possono venir percepiti dall'orecchio se non sotto forma di dolore. Il punto della gamma delle intensità sonore in cui la sensazione auditiva diventa dolore vien detto *soglia dolore*.

I due estremi sono anche detti *limite inferiore* e *limite superiore di audibilità*. Essi variano sensibilmente da una persona all'altra.

All'*intensità* sonora corrisponde l'*ampiezza* dell'onda sonora; un suono è tanto più intenso quanto più ampia è l'onda, un po' come avviene per le onde del mare.

Poichè le onde sonore sono invisibili, non è possibile misurare la loro ampiezza; inoltre non esiste una qualche sostanza che si comporti rispetto al suono come il mercurio rispetto al calore. È perciò che manca un semplice dispositivo per la misura dell'intensità sonora, paragonabile al termometro per la misura della temperatura. Un « *termometro* » per i suoni sarebbe utilissimo ma non esiste.

Esistono due diversi modi per misurare l'intensità del suono, ossia la sua « forza », la sua potenza, un po' come esistono due diversi modi per effettuare misure di tempo. Gli astronomi possono determinare l'ora precisa dalla posizione della Terra rispetto agli altri pianeti e rispetto al Sole; è questa l'ora astronomica. Se si tratta di misurare il tempo in cui ha luogo un avvenimento qualsiasi, ad es. il giro del circuito da parte di una macchina da corsa, non ha nessuna importanza conoscere quale sia l'ora precisa astronomica, basta far scattare il cronometro all'atto della partenza e fermarlo all'atto dell'arrivo, per leggere sul quadrante il tempo in minuti, secondi e decimi di secondo.

Occorre far attenzione a non confondere queste due diverse misure; una è la misura diretta, l'altra è la misura di rapporto. Nei laboratori di fisica acustica vengono fatte misure dirette, mediante complesse e delicate apparecchiature; per gli usi pratici vengono fatte soltanto misure di rapporto. Con le misure di rapporto non si

sa quale sia l'ora astronomica, in cui ha luogo un dato avvenimento, ma si misura l'intervallo di tempo in cui l'avvenimento ha luogo.

UNITA' DI MISURA TEORICA: IL BAR.

Le misure d'intensità sonora paragonabili a quelle del tempo astronomico, vengono effettuate tenendo conto della *pressione acustica esercitata* dalle onde sonore sopra una superficie, e si adopera quale unità di misura il *bar* (B) ed il suo sottomultiplo il microbar (μB). Quest'ultimo corrisponde ad una dina per cm². Un suono forte può esercitare la pressione di 200 bar, uno debole quella di 200 microbar.

IL WATT ACUSTICO.

Una volta conosciuta la pressione esercitata da un dato suono, si calcola l'energia sonora del suono stesso, utilizzando un'apposita formula. Si adopera quale unità di misura il *watt* (W) ed il sottomultiplo *microwatt* (μW). L'energia sonora non si può misurare direttamente, poichè non esistono wattmetri acustici; come detto, la si può determinare solo in base a misure di pressione. Tutte queste misure in bar ed in watt hanno scarsissima importanza pratica, e si possono trascurare. È necessario tenerle presenti solo per evitare confusione con le misure pratiche, le quali vengono anch'esse effettuate utilizzando quale unità di misura il *watt*, appunto come per le misure dell'ora astronomica, quella segnata dagli orologi, e le misure di intervallo di tempo, quelle misurate dai cronometri, vengono utilizzate le stesse ore e gli stessi minuti, secondi, ecc.

UNITA' PRATICA DI MISURA: IL DECIBEL.

Noi diciamo che un suono è ad *intensità zero* quando è appena percettibile nel silenzio di una stanza, di un suono fortissimo diciamo che è ad intensità 100, poi con questi due estremi prepariamo una scala a graduazione centigrada. È ciò che è stato fatto per il termometro; si è detto che la temperatura è di zero gradi quando l'acqua gela e che è di 100 gradi quando l'acqua bolle. Con la scala centigrada possiamo indicare quale sia l'intensità sonora.

Quando, non molti anni or sono, venne approntata la scala centigrada dell'intensità sonora, si trattò di dare un nome all'unità di misura, il *grado centigrado sonoro*. Gli americani proposero il *decibel* (dB) decima parte del bel, in onore di Graham Bell; i tedeschi proposero il *phon*, noi avremmo potuto proporre il *meucci*. Per qualche tempo il decibel ed il phon vennero usati senza distinzione, poi con una certa distinzione, infine il phon venne abbandonato. La scala dell'intensità sonora è oggi graduata solo in decibel, in tutto il mondo.

LA GAMMA DEI SUONI, IN DECIBEL.

Sono debolissimi i suoni compresi fra zero e 20 decibel, sono deboli quelli compresi tra 20 e 40 decibel; la maggior parte dei suoni che percepiamo si trovano

tra 40 e 60 decibel e sono suoni d'intensità media; i suoni forti si trovano tra 60 e 80 decibel, ed i fortissimi tra 80 e 100 decibel. Come detto, vi è tutta una vasta gamma di suoni d'intensità tanto ridotta da non poter essere intesi dall'orecchio, senza am-

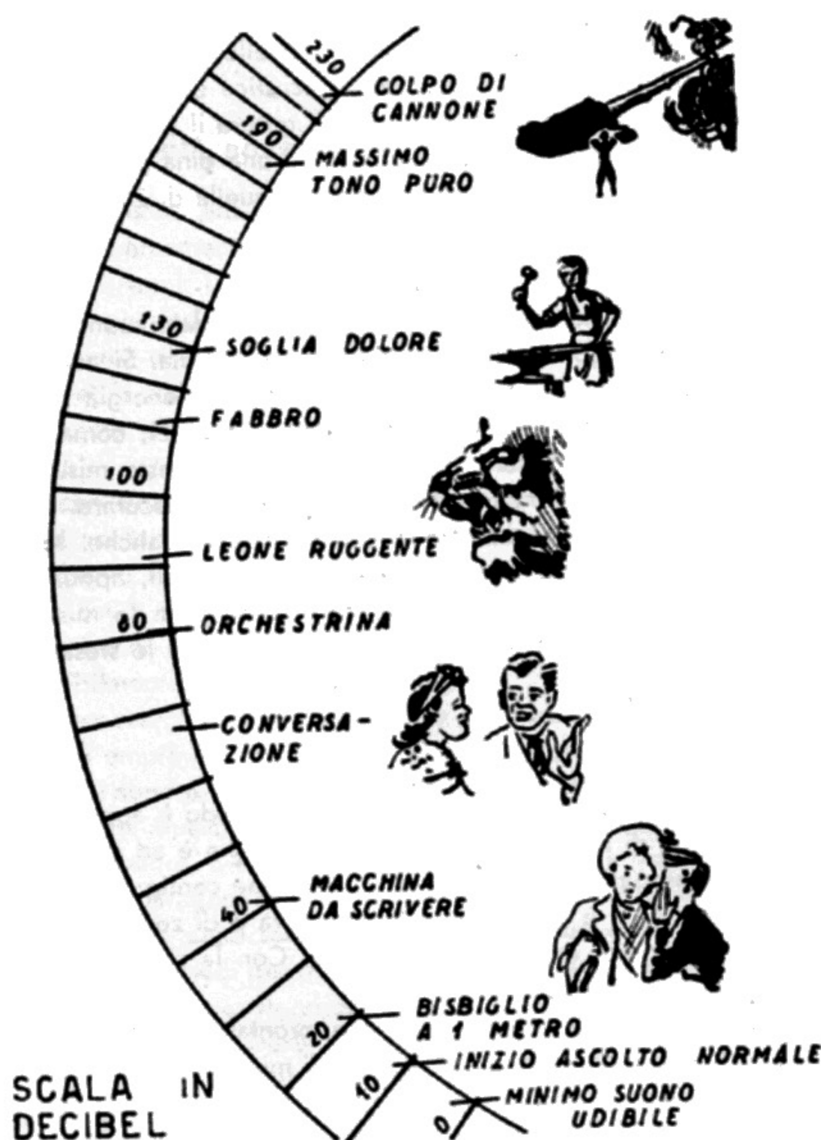


Fig. 1.1. - Scala delle sensazioni auditive in decibel (V. anche la fig. 1.4 a pag. 10).

plificazione. Sono i suoni « sotto zero ». Ve ne sono a — 10 decibel, e ve ne sono a — 20 dB, a — 30 dB e più sotto ancora. Uno zero assoluto del suono non è stato ancora sicuramente accertato, come invece lo è stato per la temperatura, il cui zero assoluto è a — 273 °C.

Esistono suoni estremamente forti, oltre i 100 decibel: il motore d'aeroplano inteso ad un metro di distanza determina una entità di sensazione auditiva di circa 122 decibel; la grande orchestra della Scala, con 250 coristi, può dare un « fortissimo » di 118 decibel; la sirena di uno stabilimento, intesa vicinissimo, raggiunge i 110 decibel; un potente colpo di grancassa i 102 decibel.

All'estremo opposto, è difficile sentire suoni d'intensità compresa tra 0 e 10 decibel, poichè essi sono soverchiati dalla rumorosità dell'ambiente. Durante il giorno, il *livello di rumorosità* di una stanza tranquilla può essere di 20 decibel, quello di una stanza su strada a grande traffico può essere di 40 decibel. Il tic tac di un orologio da polso si può sentire a distanza solo durante la notte, quando il livello di rumorosità scende notevolmente; l'intensità sonora prodotta dall'orologio da polso a 30 cm di distanza è di circa 10 decibel; il tic tac di un pendolo raggiunge i 30 ed anche i 40 decibel.

Una parola sussurrata all'orecchio, intesa da terza persona ad un metro di distanza, è a circa 22 decibel; un grido acuto può raggiungere i 74 decibel. I grandi tenori arrivano ai 90 decibel durante i fortissimi; è questo il limite estremo a cui può giungere il canto. Il ruggito del leone giunge a 92 decibel. Colpi vigorosi di martello sull'incudine raggiungono e superano i 100 decibel. Un colpo di cannone o lo scoppio di una bomba, intesi a breve distanza, non si possono sentire nel vero senso del termine, si sentono come dolore, non come sensazione, poichè raggiungono e superano, in alcuni casi, i 200 decibel, mentre la *soglia dolore* si trova a 127 decibel.

I due estremi sono a zero ed a 127 decibel, sotto lo zero decibel non si sente nulla, sopra i 127 decibel si sente soltanto dolore.

Dinamica dei suoni.

La graduazione in decibel serve molto bene per indicare la *dinamica* delle varie sorgenti sonore, ossia il rapporto tra l'intensità sonora minima e l'intensità sonora massima che sono in grado di produrre.

Una delle dinamiche più basse è quella del disco di sassofono. Un *a solo* di sassofono, nell'esecuzione originale, può avere una dinamica di 30 decibel, da un'intensità sonora minima di 20 dB ad una massima di 50 dB, per cui 50 — 20 = 30 decibel. La stessa parte eseguita da un disco, può avere una dinamica di appena 15 decibel, da 25 a 40 dB.

All'estremo opposto, una delle dinamiche maggiori è quella di una grande orchestra con coro, la quale da un minimo di 40 dB può arrivare, come detto, a 118 dB. In tal caso la dinamica è di 118 — 40 = 78 dB. Potrebbe essere maggiore se alla grande orchestra fosse possibile far ascoltare suoni deboli, sotto i 40 dB; la rumorosità di un grande teatro affollato, e lo stesso complesso orchestrale, non consentono di sentire suoni debolissimi, neppure a coloro che si trovano nelle prime file.

Un quartetto d'archi, in ambiente molto silenzioso, da 15 dB può arrivare sino a 65 dB, con una dinamica di 50 dB. Un suonatore di mandolino deve accontentarsi di 20 o 25 dB di dinamica, mentre un suonatore di contrabasso può sviluppare una dinamica di 35 dB, da 10 a 45 dB. In pratica però, i suoni debolissimi del contra-

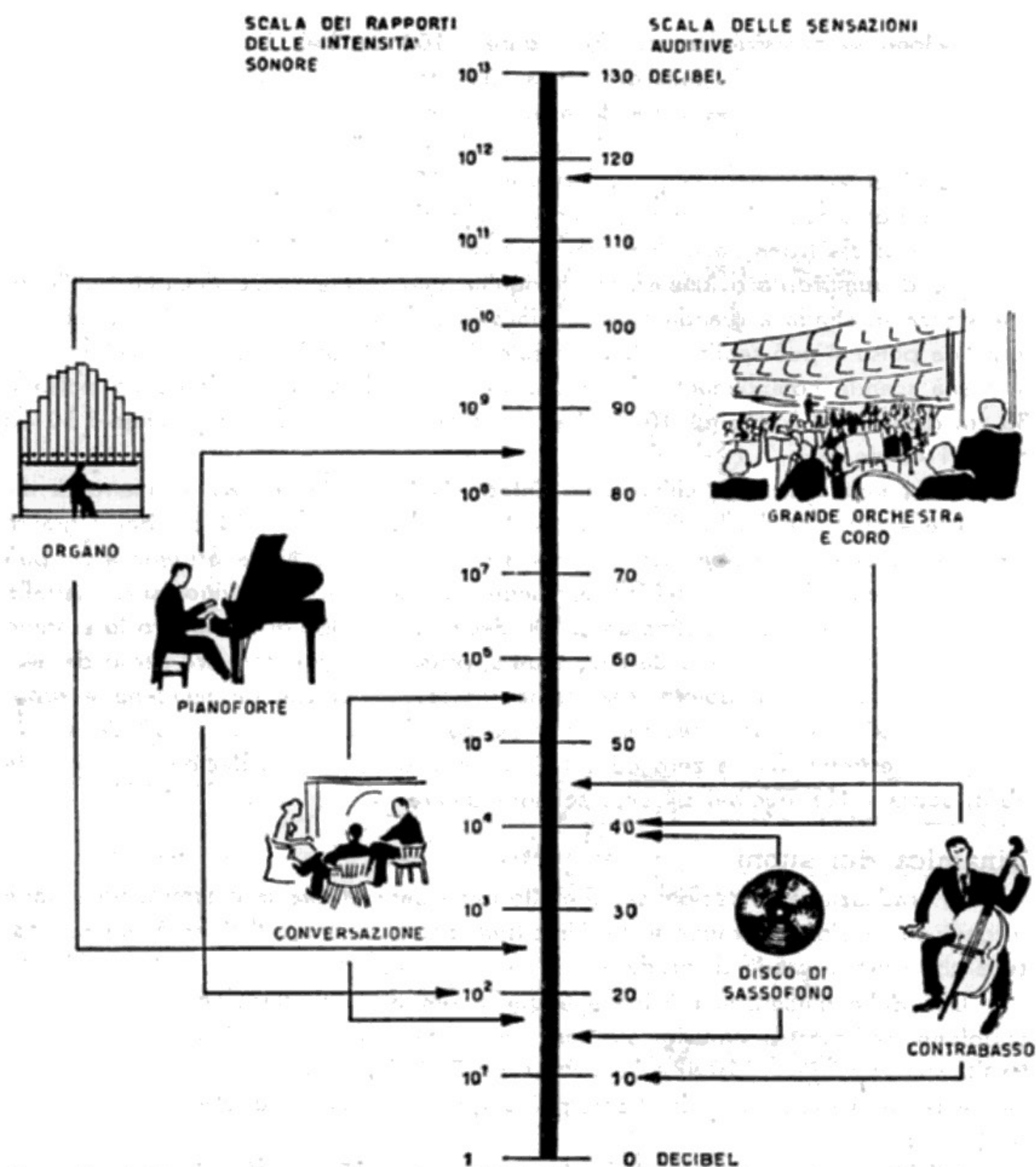


Fig. 1.2. - Scala delle sensazioni auditive in decibel e scala delle corrispondenti variazioni d'intensità sonora, necessarie per provocare le sensazioni. La figura indica anche la dinamica di alcune sorgenti sonore.

basso sono udibili solo in ambiente silenziosissimo. In una sala da concerto la dinamica del contrabasso si riduce a 15 decibel, poichè va da 30 a 45 dB, data la rumorosità dell'ambiente.

I cantanti celebri hanno dinamiche vastissime; i soprano vanno da 20 a 85 dB, i tenori da 25 a 90 dB.

La fig. 1.2 illustra esempi di *dinamica sonora.*

Livello sonoro.

Per *livello sonoro* o *livello d'intensità* — i due termini, si equivalgono — s'intende l'intensità sonora media che una data sorgente produce in un dato ambiente. Ad es., un violinista determina un livello sonoro alto in una piccola sala da concerto, e basso in un grande teatro. Nella sala di lettura di una biblioteca il *livello di rumorosità è basso*, compreso tra 20 e 30 dB, mentre in una fabbrica di caldaie può essere elevatissimo, tra i 90 ed i 110 dB.

Con un amplificatore da 10 watt è possibile produrre un buon livello sonoro in una sala di piccole dimensioni, così come con una stufa elettrica di 3 chilowatt è possibile ottenere una temperatura confortevole. Il livello di rumorosità corrisponde un po' alla temperatura ambiente; altro è portare la temperatura di una stanza da 10 a 24 gradi ed altro è portarla da — 20 a 24 gradi. Così, altro è produrre un certo livello sonoro in una stanza quieta, lontana da strade rumorose, ed altro è ottenerlo in una rumorosa sala da ballo. Si tratta di due diversi livelli di rumorosità da superare.

IL LIVELLO DI SENSAZIONE AUDITIVA.

I suoni acuti determinano alti livelli sonori più facilmente dei suoni bassi, perciò alcuni anni or sono era in uso esprimere in decibel il *livello d'intensità sonora*, ed in phon il *livello di sensazione auditiva*. Attualmente questa distinzione è sorpassata.

Si adopera soltanto il decibel.

Variazione dell'intensità sonora e sensazione auditiva.

L'orecchio, sensibilissimo ai suoni deboli, a mano a mano che l'intensità sonora aumenta, diventa meno sensibile, per cui è poco sensibile ai suoni fortissimi.

In questo modo l'orecchio risulta automaticamente protetto dal danno che potrebbe venirgli arrecato dai suoni eccessivamente forti; essi potrebbero rovinarlo completamente. Appositi muscoli presenti nella parte interna dell'orecchio entrano in funzione quando vi sono suoni o rumori molto forti, e provvedono a renderlo meno sensibile, più sordo. In presenza di suoni o rumori molto deboli, i muscoli non intervengono, e la percezione auditiva è massima.

L'orecchio è, infatti, provvisto di un controllo automatico di sensibilità, il cui funzionamento è simile a quello del CAV degli apparecchi radio e del CAG dei televisori.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Tutti gli amplificatori, gli apparecchi radio e i televisori sono provvisti di un controllo di volume, comandato da una manopola. Girando la manopola, il volume sonoro passa da zero ad un massimo. A metà della rotazione della manopola, corrisponde la metà del volume.

Affinchè ciò avvenga, ossia affinchè alla metà della corsa della manopola corrisponda la metà del volume ottenibile, è necessario che durante la prima metà

la variazione sia molto lenta, e nella seconda metà sia invece molto rapida. Se non avviene così, ossia se la variazione è uniforme, ossia *lineare*, allora il controllo di volume funziona male, in quanto con esso non è possibile ottenere audizioni deboli. Non appena si ruota la manopola, l'intensità è subito molto forte.

La fig. 1.3 illustra due controlli di volume, ciascuno costituito da una resistenza

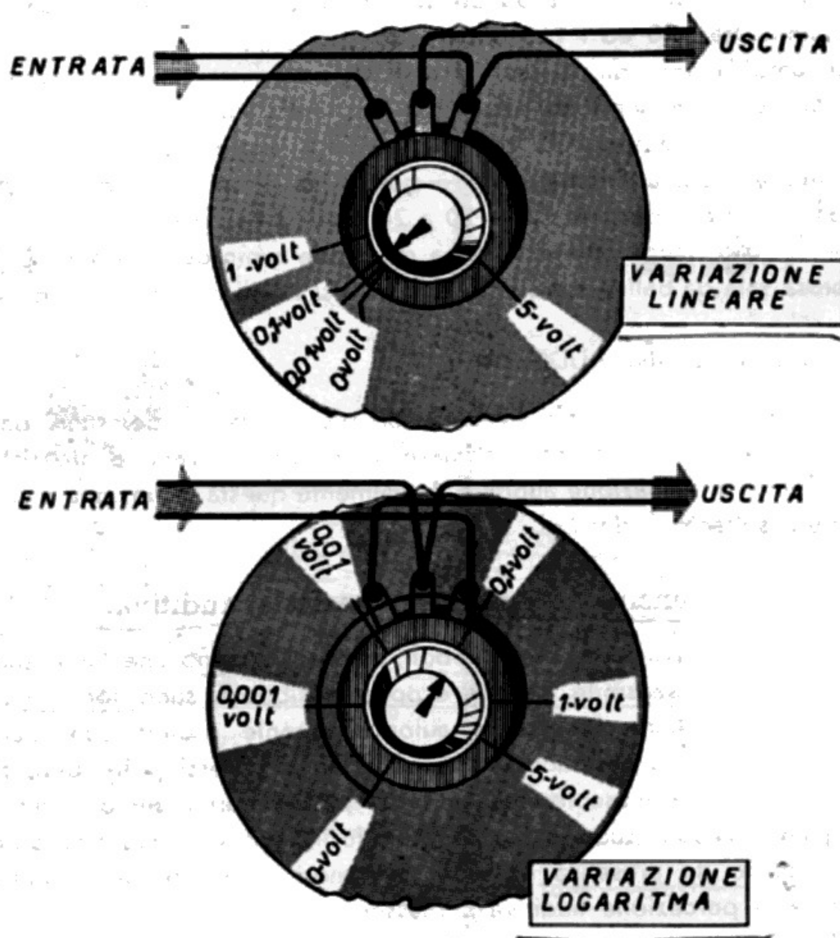


Fig. 1.3. - Controlli di volume di tipo lineare (in alto) e di tipo logaritmico (in basso).

variabile. Quello in alto è a variazione lineare. La tensione da regolare è, nell'esempio, da 0 a 5 volt. Con questa resistenza la tensione di 1 volt si ottiene dopo breve rotazione della manopola; tra 1 volt e 5 volt c'è un ampio tratto di rotazione. Questo controllo non è adatto.

In basso è indicata una resistenza variabile adatta per il controllo di volume. Esso consente una lenta variazione all'inizio, e una variazione molto rapida verso la fine. Si osservi la posizione dell'indice in corrispondenza dello stesso valore di 0,1 volt. Questo tipo di controllo è detto a *variazione logaritmica*.

LA VARIAZIONE LOGARITMICA.

Nei laboratori di fisica acustica si è cercato di sapere quante volte un dato suono sia più « forte » di quello che si trova alla soglia dell'udibile, corrispondente allo zero decibel. Le misure fatte con appositi strumenti, basandosi sulla pressione acustica, hanno portato alla scoperta della legge di Weber-Fechner, la cui prima parte è la seguente: *L'entità della sensazione auditiva non cresce in proporzione dell'aumento dell'intensità sonora, cresce bensì con il logaritmo a base 10 che tale intensità sonora rappresenta.*

Il *logaritmo* a base 10 di un numero è l'esponente della potenza alla quale deve essere elevato 10 affinchè sia eguale al numero dato. Ad esempio, invece di scrivere 1000 si può scrivere 10^3, invece di scrivere 10 000 si può scrivere 10^4, ecc. Gli esponenti 3 e 4 sono rispettivamente i logaritmi di 1000 e di 10 000. Il logaritmo di un milione è 6.

Ciò significa che per raddoppiare, triplicare, quadruplicare un dato livello sonoro, è necessario aumentare l'intensità sonora addirittura di cento volte per raddoppiarlo (poichè 10^2 è eguale a 100), di mille volte per triplicarlo (poichè 10^3 è eguale a 1000) e di diecimila volte per quadruplicarlo (poichè 10^4 è eguale a 10 000).

Ad es., per elevare un livello sonoro da 30 decibel a 70 decibel occorre aumentare l'intensità energetica del suono di 10 000 volte.

La fig. 1.4 raffronta la scala delle sensazioni auditive con quella dei *rapporti di variazione dell'energia sonora.* A zero decibel corrisponde l'unità, ossia il punto di partenza della scala dei rapporti. Per passare da 0 dB a 10 dB occorre aumentare l'energia sonora di dieci volte. Va tenuto presente che il suono a 10 dB è debolissimo, poco più che appena percettibile, e che l'orecchio è molto sensibile in questa zona. A 20 dB, ossia a 10 + 10 dB, l'energia sonora è 100 volte maggiore di quella a 0 dB, cioè in rapporto a quella a 0 dB, ossia è di 10 × 10.

A 50 dB della scala, il rapporto di variazione dell'energia sonora è di 10^5, ossia è di 100 000. Per i decibel vale l'*addizione* (10 + 10 + 10 + 10 + 10 = 50) per i rapporti di variazione d'energia sonora vale invece la moltiplicazione

$$(10 \times 10 \times 10 \times 10 \times 10 = 100\,000).$$

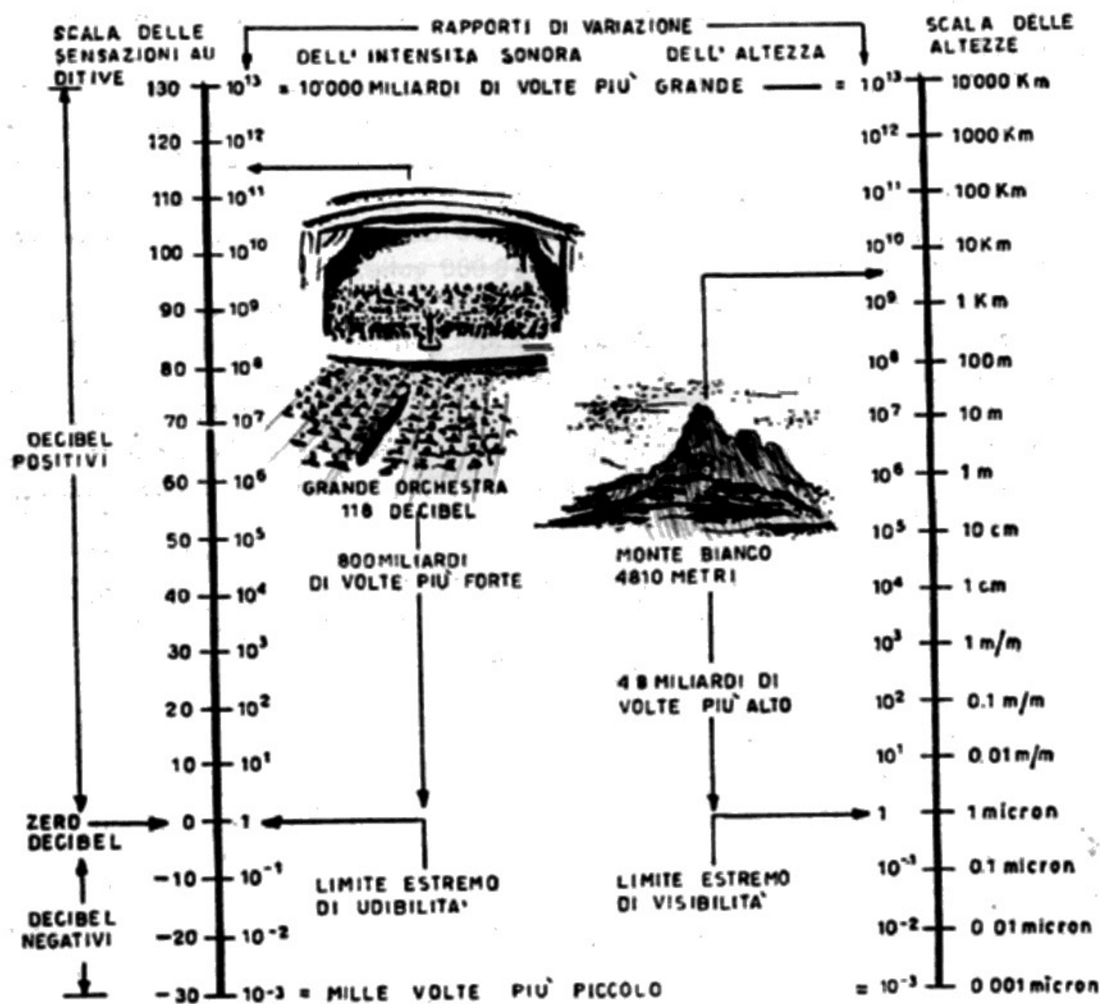
Enormi potenze sonore sono in gioco per i suoni fortissimi e più ancora per gli estremamente forti. L'orchestra ed il coro della Scala formano un complesso sonoro più « grande » del Monte Bianco. Infatti, accostando al limite di audibilità, ossia a 0 decibel, il limite di visibilità ad occhio nudo, 1 micron, si nota che il Monte Bianco è 4,8 miliardi di volte più grande, mentre l'orchestra ed il coro della Scala sono 800 miliardi di volte più grandi del più debole suono percettibile.

La graduazione della scala in decibel non corrisponde al logaritmo del numero che indica la variazione dell'energia sonora, solo per il fatto che l'unità di misura è il bel. Alla variazione di 10 000 corrisponde il logaritmo 4, ossia 4 bel; dato l'uso del sottomultiplo corrispondente ad un decimo di bel, a 10 000 corrispondono 40 decibel.

Incremento dell'intensità sonora.

La seconda parte della legge di Weber-Fechner afferma che: l'*incremento minimo della sensazione auditiva è proporzionale alla sensazione che l'ha preceduta.*

A teatro si distingue facilmente quando le voci sono due e quando ve n'è una sola, se si tratta di un duetto, mentre se è presente un grande coro è impossibile dire quando le voci sono 249 e quando sono 250. L'orecchio non avverte una differenza tra 100 e 110 voci, avverte la differenza solo se il passaggio è da 100 ad almeno 125 voci, ciò per il fatto che l'incremento minimo dell'intensità sonora che si rende udibile è del 25 %. Nell'esempio fatto s'intende che le voci devono essere tutte eguali, ed unite nello stesso canto.



Fg. 1.4. - Confronto tra i rapporti di variazione d'intensità sonora e quelli di dimensione. Il livello sonoro di 130 decibel corrisponde ad un aumento d'intensità sonora di 10.000 miliardi di volte quella del suono appena percettibile, a zero decibel.

Misura di rapporto della potenza sonora.

Il fatto di aver aggiunto alla scala graduata in decibel quella dei rapporti di variazione dell'intensità sonora o dell'energia sonora che dir si voglia, di cui la fig. 1.2, è molto importante poichè consente di effettuare delle misure. L'apparecchio di misura può essere costituito da un microfono, da un amplificatore a due o tre stadi, e da un misuratore d'uscita. Si tratta di regolare una volta tanto il guadagno dell'amplificatore, in modo da ottenere una data misura corrispondente a zero decibel.

Si può regolare il guadagno dell'amplificatore, in modo che lo strumento indicatore della potenza d'uscita indichi 1 watt, in corrispondenza del minimo suono udibile, quello a zero decibel. In tal modo lo strumento segnerebbe 0,1 watt in corrispondenza a — 10 decibel, e 10 watt in corrispondenza a 10 decibel.

In pratica però assegnare la potenza d'uscita di un watt in corrispondenza a zero decibel andrebbe bene solo per la misura dei suoni estremamente deboli e dei debolissimi, ma non andrebbe bene per i suoni medi e forti, ciò per il fatto che a 20 decibel corrisponderebbero 100 watt, a 30 decibel 1000 watt, a 40 decibel 10 000 watt ed a 50 decibel nientemeno che 100 000 watt. A livelli superiori corrisponderebbero milioni e persino miliardi di watt.

È necessario assegnare una potenza d'uscita più piccola a zero decibel, per es. 1 millesimo di watt, un milliwatt. In tal modo la potenza d'uscita in corrispondenza dei suoni forti e fortissimi non risulta enorme, pur essendo molto grande. In seguito a varie considerazioni, venne deciso di assegnare a zero decibel la potenza d'uscita di 6 milliwatt, ed in base ad essa vennero graduate le scale degli strumenti indicatori. È questa la *potenza d'uscita standard.*

In tal modo, poichè a zero decibel venne scelta la potenza di 6 milliwatt, a 10 decibel corrisponde quella di 60 milliwatt, a 20 decibel quella di 600 milliwatt, a 30 decibel quella di 6000 milliwatt, ossia di 6 watt, e così via, come illustra la figura 1.5. Anche in tal modo si ottengono potenze enormi in corrispondenza ad alti livelli sonori. A 100 decibel corrisponde un rapporto di variazione dell'intensità sonora elevatissima, di 10^{10}, ossia di 10 miliardi. Sicchè la tensione all'uscita del microfono dovrebbe determinare all'uscita dell'amplificatore usato per la misura, nientemeno che una potenza corrispondente a quella di 6 milliwatt moltiplicata per 10 miliardi, ossia 60 milioni di watt, pari a 60 000 chilowatt.

L'ostacolo viene girato prelevando soltanto una minima parte della tensione all'uscita del microfono, ossia all'entrata dell'amplificatore di misura, per es. la centomilionesima parte, per cui a 100 dB corrisponde la potenza di 0,6 watt. La lettura va quindi moltiplicata per 100 milioni di volte. È ciò che avviene quando con un voltmetro con portata massima di 1 volt, si misura una tensione vicina a 1000 volt; il divisore di tensione applica all'entrata dello strumento solo la millesima parte della tensione da misurare, la quale va letta sulla scala moltiplicata per 1000.

La scala dello strumento per la misura del livello sonoro viene graduata direttamente in decibel; non risulta quindi necessario nessun calcolo con grandi numeri.

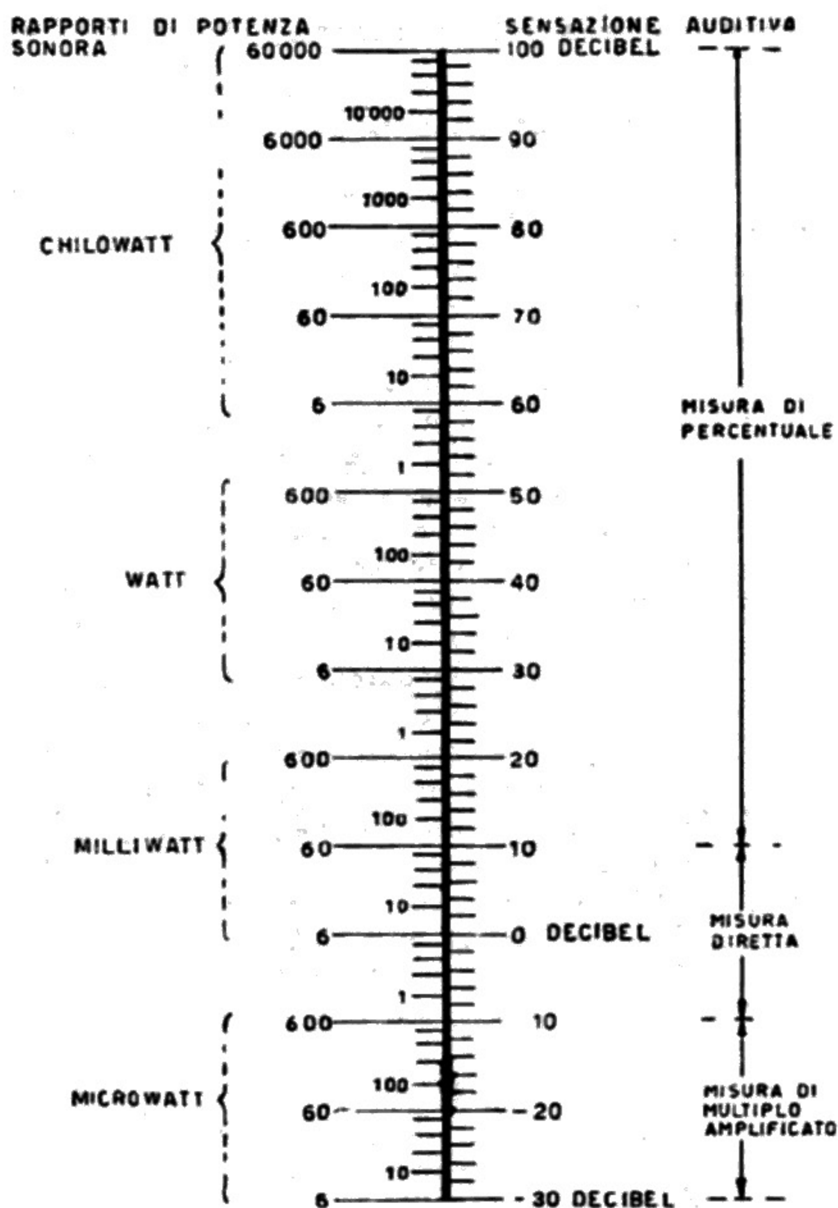


Fig. 1.5. - Per poter effettuare misure di livello sonoro, alla scala in decibel è stata aggiunta una scala in watt e relativi sottomultipli e multipli.

a) Formula per indicare in decibel la potenza sonora misurata.

Una semplice formula consente la conversione di valori da una scala all'altra, generalmente da quella dei rapporti d'intensità in watt, misurabili, in quella delle sensazioni auditive in decibel. Risulta da quanto già detto precedentemente che la variazione d'intensità sonora varia con il logaritmo che tale variazione indica, per

cui, ad es., un'intensità sonora di 600 watt può venir espressa in decibel nel modo seguente:

$$\text{Sensazione auditiva in decibel} = 10 \times (\log_{10} \frac{600}{0{,}006}) =$$
$$10 \times (\log_{10} 100\,000) = 10 \times 5 = 50 \text{ decibel.}$$

È ciò che risulta dalla fig. 1.5.

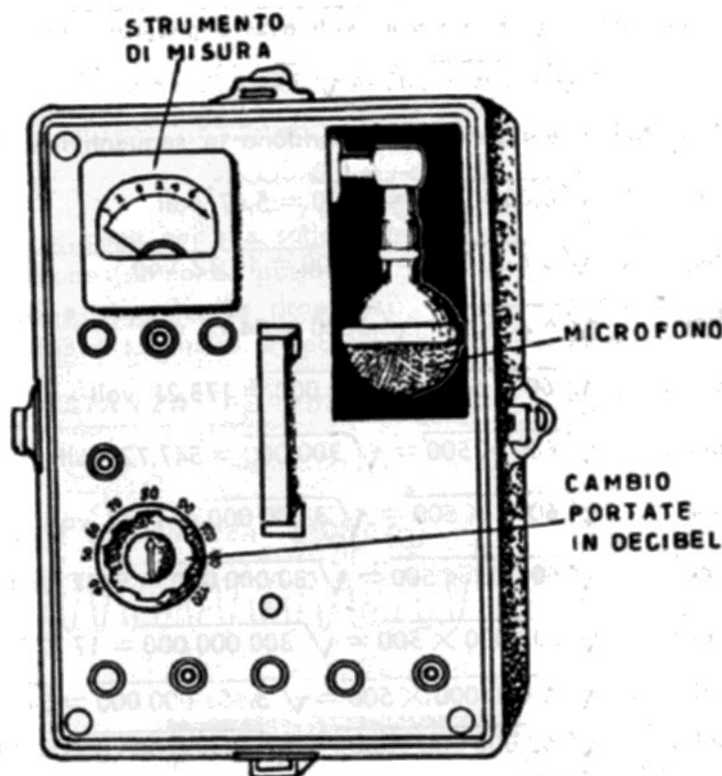


Fig. 1.6. - Un amplificatore, un microfono e uno strumento indicatore d'uscita consentono di leggere sulla scala graduata in decibel, il valore del livello sonoro

In termini generali, quanto sopra si può esprimere con la formula:

$$\text{Sensazione auditiva in decibel} = 10 \times (\log_{10} \frac{\text{Intensità sonora misurata in watt}}{\text{Intensità di soglia in watt}})$$

nella quale per « intensità di soglia » s'intende quella corrispondente a zero decibel, ossia 0,006 watt.

Come già detto all'inizio, in pratica i termini *sensazione auditiva* e *livello sonoro* vengono usati come se fossero equivalenti, per cui quanto sopra detto vale anche per indicare il *livello sonoro in decibel*.

b) Valori di tensione e di corrente corrispondenti a livelli sonori.

Alla scala della potenza sonora in watt è possibile aggiungere quella della tensione in volt, utilizzando la formula $P = E^2/R$ dalla quale $E = \sqrt{P \times R}$.

Al posto delle misure in watt si possono fare misure in volt, purchè venga scelto un valore standard della resistenza di carico. Tale valore standard della resistenza è di 500 ohm. In tal modo a zero decibel corrisponde un valore standard di tensione, il seguente:

$$\text{Tensione a zero decibel} = \sqrt{\text{Potenza in watt a zero decibel} \times \text{Resistenza standard}}$$
$$= \sqrt{0{,}006 \times 500} = \sqrt{3} = 1{,}73 \text{ volt.}$$

Agli altri principali livelli sonori corrispondono le seguenti tensioni:

a 10 decibel . . $\sqrt{0{,}06 \times 500} = \sqrt{30} = 5{,}47$ volt

a 20 decibel . . $\sqrt{0{,}6 \times 500} = \sqrt{300} = 17{,}32$ volt

a 30 decibel . . $\sqrt{6 \times 500} = \sqrt{3000} = 54{,}77$ volt

a 40 decibel . . $\sqrt{60 \times 500} = \sqrt{30\,000} = 173{,}21$ volt

a 50 decibel . . $\sqrt{600 \times 500} = \sqrt{300\,000} = 547{,}72$ volt

a 60 decibel . . $\sqrt{6000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000} = 1732$ volt

a 70 decibel . . $\sqrt{60\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000} = 5477$ volt

a 80 decibel . . $\sqrt{600\,000 \times 500} = \sqrt{300\,000\,000} = 17\,320$ volt

a 90 decibel . . $\sqrt{6\,000\,000 \times 500} = \sqrt{3\,000\,000\,000} = 54\,770$ volt

a 100 decibel . . $\sqrt{60\,000\,000 \times 500} = \sqrt{30\,000\,000\,000} = 173\,200$ volt

Le misure si possono fare anche in ampere, seguendo lo stesso procedimento, tenendo conto che $P = I^2 \times R$, per cui $I = \sqrt{P/R}$.

2. — LA GAMMA DELLE FREQUENZE SONORE

La frequenza, la nota e l'ottava.

Il suono è frequenza, è ritmo; per *frequenza* s'intende sia la velocità della vibrazione di ciò che suona, sia il numero d'onde diffuse nell'aria durante ciascun secondo. Si suole indicarla in *cicli per secondo* (abb. c/s o c.p.s.) oppure in *hertz* (abb. Hz). Per ciclo s'intende l'evolversi di ciascuna onda sonora, dal suo inizio alla sua fine. *Periodo* è l'intervallo di tempo in cui un ciclo ha luogo. Tante onde, tanti cicli, tanti periodi.

La frequenza determina l'*altezza*, la *nota* di ciascun suono. Minore è la frequenza,

minore è l'altezza, più bassa è la nota; maggiore è la frequenza, maggiore è l'altezza più acuta la nota. Si suol dire che l'altezza di un suono è aumentata di un'ottava quando la sua frequenza è raddoppiata, di due ottave quando è triplicata, ecc.

Il suono è *musicale* quando è costituito da una successione regolare, ritmica, di frequenze, e quando queste frequenze si trovano tra di loro in rapporti tali da poter essere espressi con numeri semplici; il suono è *rumore* quando il ritmo ed il rapporto semplice tra le frequenze non esiste, ed è costituito da varie frequenze senza rapporto tra di loro, susseguentisi in modo più o meno irregolare, tale da formare delle combinazioni dissonanti; il suono è *voce* quando è prodotto dalle corde vocali umane, ed è costituito in parte da successioni regolari di frequenze, ed in parte da altre di carattere transitorio.

L'onda sonora.

Il suono si propaga nell'aria sotto forma di onde. L'onda sonora è costituita da una compressione (semionda positiva) e da una rarefazione dell'aria (semionda negativa), eguali e opposte. La propagazione dell'onda sonora nell'aria avviene alla velocità di 333 o 334 metri al secondo, a seconda delle condizioni ambientali.

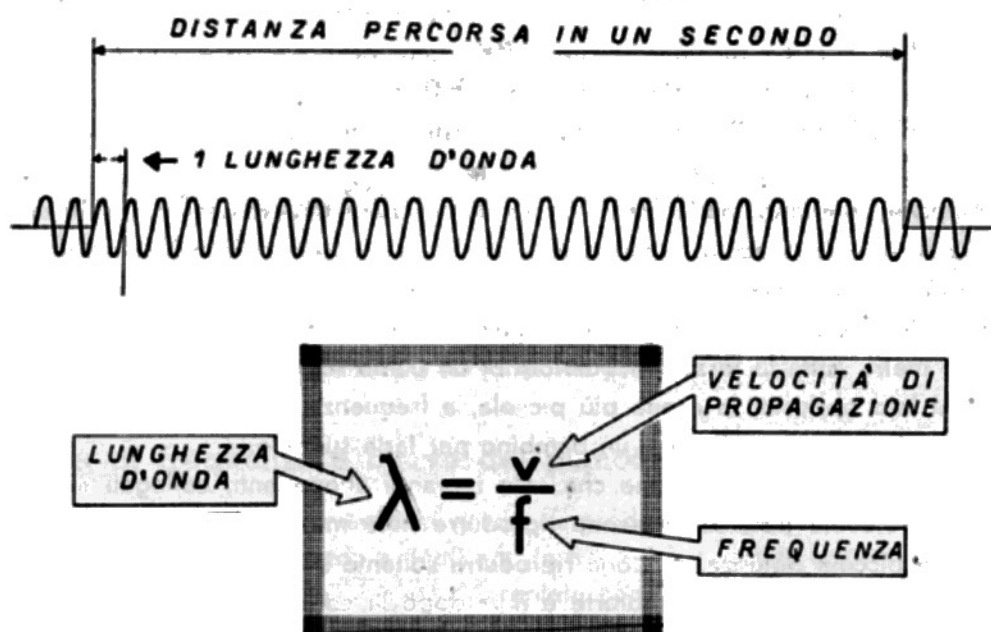


Fig. 1.7. - Relazione tra la lunghezza e la frequenza dell'onda sonora.

La lunghezza d'onda sonora può essere compresa tra alcuni metri e alcuni centimetri. Le onde sonore dei suoni molto bassi sono tra le più lunghe, possono raggiungere le decine di metri; le onde sonore dei suoni più alti sono tra le più corte, possono scendere al millimetro.

La fig. 1.7 riporta la relazione tra la velocità di propagazione, 334 metri al

secondo, e la frequenza della vibrazione sonora in cicli. Alla frequenza molto bassa di 100 cicli al secondo, corrisponde la lunghezza d'onda di 3,34 metri, in quanto la velocità di propagazione è di 334 metri.

Alla frequenza molto alta di 10 mila cicli al secondo, corrisponde la frequenza di 0,0033 metri, ossia di 3,3 millimetri.

Va notato che in pratica non si tiene mai conto della lunghezza d'onda dei vari suoni, ma sempre ed esclusivamente della loro frequenza. L'orecchio normale è in grado di percepire suoni dalla frequenza più bassa tra 16 e 24 cicli al secondo, alla frequenza più alta, dai 10 mila sino ai 24 mila cicli al secondo. Le persone anziane non sentono i suoni molto alti, a frequenze superiori ai 10 mila cicli circa; i bambini sentono bene, generalmente, suoni elevatissimi, sino a 24 mila cicli. gatti sentono fruscii sino a 50 mila cicli.

Frequenza, sensazione auditiva e potenza sonora.

La sensibilità dell'orecchio varia molto al variare della frequenza; è molto sensibile ai suoni la cui frequenza è compresa nel tratto tra 2000 e 5000 cicli/secondo. Riesce a percepire alcuni di tali suoni anche se d'intensità estremamente ridotta, a — 10 decibel. È poco sensibile ai suoni bassi, compresi tra 20 e 100 c/s. Affinchè l'orecchio possa appena percepire un suono bassissimo, a 40 c/s, è necessario che esso sia molto forte, a 55 decibel. Tra i due estremi di sensibilità vi è uno scarto di circa 60 decibel, pari al rapporto da 1 ad 1 milione.

Affinchè un suono molto basso possa determinare una sensazione auditiva pari a quella di un suono acuto, è necessario che la sua potenza sia molto maggiore. È per questa ragione che le canne dell'organo sono tanto diverse. La canna corrispondente al do dopo la controttava, a frequenza bassissima, ai limiti dell'udibilità, è alta 9,60 metri. Tutta la forza dei polmoni di un uomo robusto non basta a trarne un suono. Al lato opposto, la canna più piccola, a frequenza altissima, è lunga appena 7,5 centimetri, e basta il fiato di un bambino per farla suonare.

È ancora per questa ragione che solo i grandi altoparlanti, collegati ad amplificatori di notevole potenza, possono riprodurre note musicali basse; i piccoli altoparlanti, di piccola potenza, possono riprodurre soltanto suoni di nota media e acuta.

La nota più bassa del pianoforte è il la dopo la controttava, a frequenza di 27 c/s; affinchè tale nota desti la stessa sensazione auditiva del fa di terza ottava, a frequenza di 2734 c/s, occorre che la potenza sonora sia 150 milioni di volte maggiore.

Frequenza a zero decibel.

Poichè la sensazione auditiva varia molto al variare della frequenza, lo zero decibel dalla scala delle intensità sonore è stato fissato per il suono appena percettibile alla frequenza di 1000 c/s.

Il tempo di riverberazione.

Il suono richiede un certo tempo per estinguersi, in quanto le oscillazioni dell'aria si attenuano gradatamente. Un colpo di grancassa si sente anche dopo che il timpano dello strumento è stato colpito. Il suono di una campana si sente ancora per qualche tempo, dopo l'ultimo colpo di batacchio. Il tempo che il suono richiede per estinguersi dipende dalle condizioni acustiche dell'ambiente. È detto *tempo di riverberazione*. Si misura in secondi.

Intensità sonora e distanza.

L'intensità sonora varia inversamente al quadrato della distanza, come indica la fig. 1.8. Maggiore è la distanza dalla sorgente sonora, maggiore è l'area della superficie interessata. Raddoppiando la distanza l'area è quadruplicata, quindi l'intensità sonora risulta « diluita » in proporzione, risulta cioè quattro volte minore.

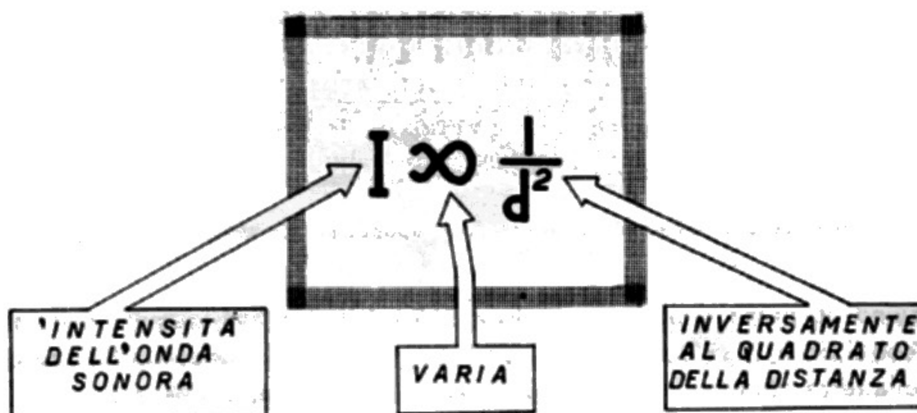


Fig. 1.8. - Relazione tra l'intensità sonora e la distanza.

Gamma di frequenza e ottave del pianoforte.

Il pianoforte è lo strumento in grado di produrre la gamma di frequenze più ampia, da 27 cicli per secondo a 3480 c/s. In fig. 1.9 è riportata la gamma delle frequenze udibili dall'orecchio umano, confrontata con quella del pianoforte. In figura, le note del pianoforte sono indicate con le rispettive frequenze. L'ottava iniziale, detta controttava, è quella che comprende le frequenze più basse, va dal do a 32 c/s, al la a 54 c/s ed al si a 60 c/s. È preceduta da due note ancora più basse, il la a 27 c/s ed il si a 30 c/s.

Alla controttava segue l'*ottava grande*, con il do a 65 c/s, il la a 108 c/s ed il si a 122 c/s; è seguita a sua volta dall'*ottava piccola*, con il do a 129 c/s, il la a 217 c/s ed il si a 244 c/s.

L'*ottava centrale* del pianoforte ha inizio con il do a 259 e fine con il si a 488.

Fig. 1.9. - Spettro udibile delle varie frequenze corrispondenti alle voci ed ai principali strumenti.

Viene quindi la *prima ottava*, con il do a 515 ed il si a 966, seguita dalla *seconda ottava*, con il do a 1035 c/s ed il si a 1954. La gamma del pianoforte ha fine con una parte della *terza ottava*, dal do a 2070 c/s al la, ultima nota, a 3480 c/s.

Fig. 1.10. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul LA fisico, a 426,667 c/s. La parte tratteggiata corrisponde ad armoniche superiori.

	0	1	2	3	4	5	6	7
C	16.35	32.70	65.40	130.81	261.62	523.26	1046.52	2093.04
C#	17.32	34.64	69.29	138.59	277.18	554.36	1108.72	2217.44
D	18.35	36.70	73.41	146 83	293.67	587.34	1174.68	2349.36
D#	19 44	38.89	77.78	155.56	311.13	622.26	1244.52	2489.04
E	20.60	41.20	82.41	164.82	329.63	659.26	1318.52	2637.02
F	21.82	43.65	87.30	174.61	349.23	698.46	1396.92	2793.82
F#	23.12	46.24	92.49	184 99	369.99	739.98	1479.96	2959.95
G	24.49	48.99	97.99	195.99	391 99	783.98	1567.96	3135.96
G#	25 95	51.91	103.82	207.65	415.31	830.62	1661.24	3322.48
A	27.50	55.00	110.00	220.00	440.00	880.00	1760.00	3520.00
A#	29.13	58.27	116.54	233.08	466.17	932.34	1864.68	3729.36
B	30.86	61.73	123.47	246 94	493.88	987.76	1975.52	3951.04

MANUALE
MANUALE
PEDALI
C
2093 CICLI
C
32 CICLI
C
65 CICLI

Fig. 1.11. - Gamma del pianoforte con le varie frequenze accordate sul la sinfonico, a 440 c/s.

La fig. 1.10 indica un'altra gamma del pianoforte, con altri valori di frequenza in corrispondenza alle varie note del pianoforte, e la fig. 1.11 riporta una tabella con altri valori ancora per le stesse note. Questi tre differenti dati sono dovuti al fatto che vi sono tre la dell'ottava centrale, ufficialmente stabiliti:

« la » fisico . . . . a 426,667 cicli al secondo
« la » internazionale . . . . . . a 435 cicli al secondo
« la » sinfonico . . . . a 440 cicli al secondo

Ai tre la corrispondono i seguenti tre do, quello fisico a 512 c/s, usato per i computi, quello internazionale a 517 c/s, e quello sinfonico a 523,26 c/s.

La frequenza fondamentale e le frequenze armoniche.

Un suono è *semplice*, o *puro*, quando la sua onda sonora ha forma perfettamente sinusoidale; allora è paragonabile all'acqua distillata. I suoni che costituiscono la voce e quelli prodotti dagli strumenti musicali sono *complessi*; tale complessità è dovuta al fatto che la frequenza fondamentale è accompagnata da altre frequenze, più alte, delle quali costituiscono un multiplo integrale. Sono generalmente d'intensità minore della fondamentale. Sono dette *frequenze armoniche* o solo *armoniche*.

Le armoniche determinano la qualità, il timbro, il « colore » del suono. Non sono separate dalla fondamentale, detta anche *prima armonica*, ma formano con essa un'onda risultante, complessiva. Uno strumento musicale a frequenza di 100 c/s, produce anche armoniche a 200 c/s, 300 c/s, 400 c/s ecc. L'armonica a 200 c/s vien detta,



Fig. 1.12. - Frequenza fondamentale e armoniche.

in tal caso, *seconda armonica*, ed è seguita dalla *terza armonica*, dalla *quarta armonica*, ecc.

La potenza sonora è distribuita variamente tra la fondamentale e le sue armoniche. La seconda armonica non è necessariamente più intensa della terza, e la terza della quarta. L'intensità sonora delle varie armoniche può essere molto diversa. Il numero delle armoniche ed i loro rapporti d'intensità determinano la caratteristica del suono, la sua ricchezza. Il do dell'ottava centrale, a 261 cicli al secondo, può venir emesso sia da un violino che dalla sirena di uno stabilimento; la presenza delle armoniche ed i rapporti delle loro intensità, consentono però di distinguere nettamente il suono proveniente dal violino da quello proveniente dalla sirena.

✱ Le armoniche possono raggiungere frequenze molto elevate, sino a 10 000 cicli al secondo, ed oltre. Se la potenza sonora è distribuita in modo quasi uniforme sino alle armoniche più alte, il suono risulta metallico, come nel caso della tromba. Nel

corno da caccia, invece, l'intensità sonora decresce rapidamente all'elevarsi delle armoniche. In genere i suoni bassi sono ricchi di armoniche, mentre i suoni acuti sono poveri di armoniche.

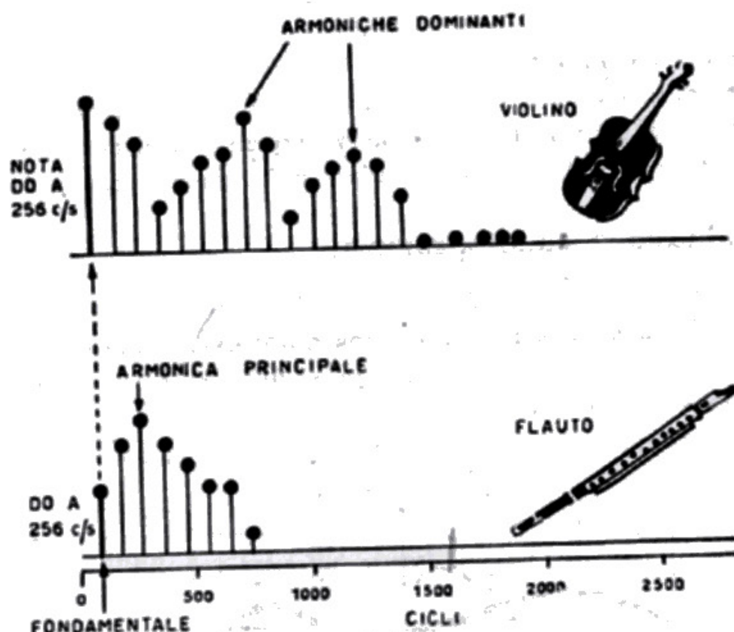


Fig. 1.13. - Distribuzione della potenza sonora tra la nota fondamentale e le varie armoniche prodotte dal violino e dal flauto.

Infrasuoni, suoni e ultrasuoni.

a) Lo spettro sonoro.

L'orecchio umano sente una gamma vastissima di frequenze sonore, ma essa è soltanto una parte dell'intera gamma sonora, detta *spettro sonoro*.

Tra 0 e 16 c/s vi è la breve gamma degli infrasuoni, tra 20 000 e 16 000 000 c/s vi è la gamma degli *ultrasuoni*; gli uni e gli altri appartengono ai « suoni silenziosi ». Lo stormire di una foglia, il cigolio di una chiave nella toppa, il fruscio di una veste, determinano suoni molto elevati, con frequenze armoniche che possono raggiungere i 20 000 cicli al secondo ed anche superarli. Sino a 32 000 c/s si estende la sensibilità di alcuni insetti, i quali sentono principalmente suoni inaudibili all'orecchio umano.

Gli ultrasuoni intorno alla frequenza di 100 000 c/s sono utilizzati per la pastorizzazione del latte a bassa temperatura, per la raffinazione degli zuccheri, per effetti di polimerizzazione, ecc. Quelli ad un milione di cicli sono usati per segnalazioni subacquee. Il limite estremo degli ultrasuoni prodotti con apparecchi è a 16 milioni di c/s.

b) Lo spettro udibile.

Lo *spettro udibile* è costituito dalla gamma delle frequenze udibili. La fig. 1.9 illustra il tratto occupato dalle varie voci e dai principali strumenti. La voce maschile ha una frequenza fondamentale intorno agli 80 c/s, quella femminile intorno ai 120 c/s; le esperienze telefoniche hanno però dimostrato che si possono eliminare le frequenze sotto i 300 c/s della voce senza alterare sensibilmente la intelligibilità.

Per spettro di una voce o di uno strumento s'intende la curva esprimente la variazione dell'intensità sonora al variare della frequenza. Nel caso del pianoforte, lo spettro relativo ad una data nota può variare notevolmente con la forza del tocco.

La zona dell'udito e l'audiogramma.

È possibile tracciare una figura che indichi quale sia la *zona dell'udito*, visto che esistono suoni tanto bassi o tanto alti da non poter essere intesi, e visto che ve ne sono altri tanto deboli o tanto forti da non poter neppure essere intesi, o da causare non una sensazione ma un dolore.

Segnando le sensazioni auditive minime e massime in corrispondenza delle va-

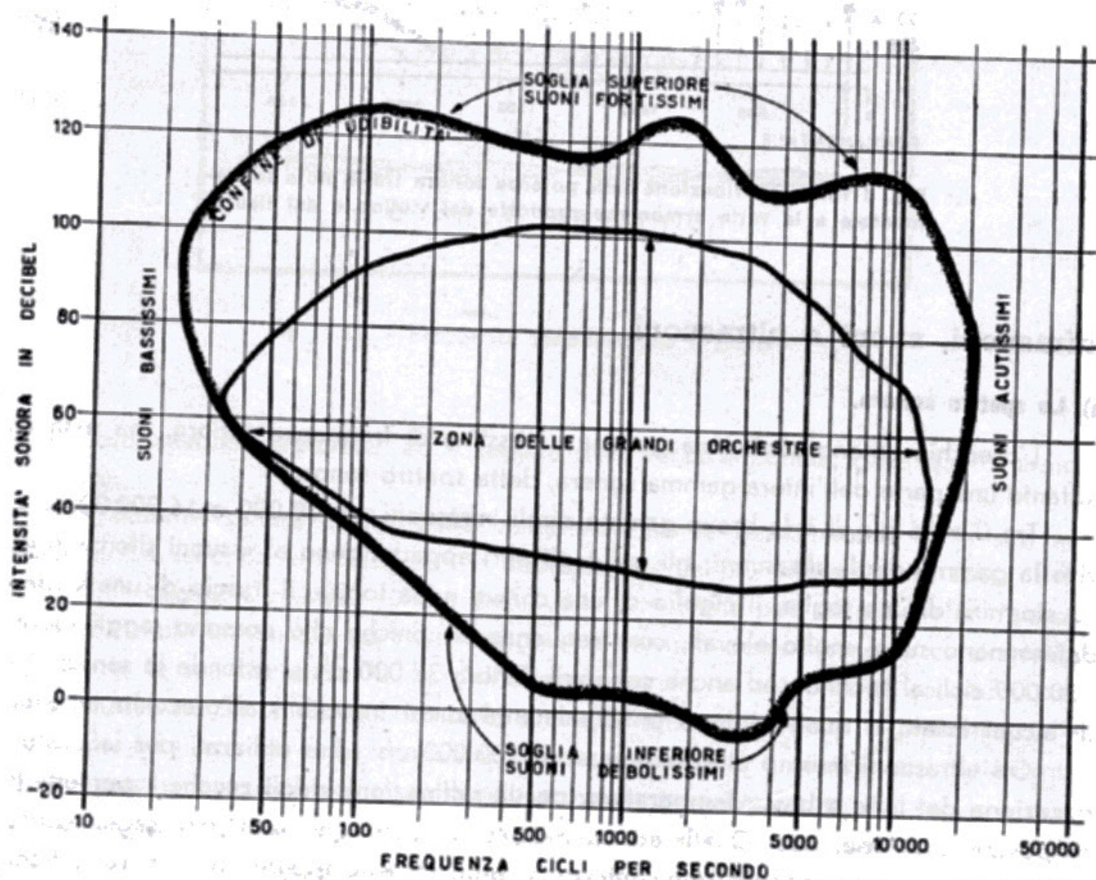


Fig. 1.14. - Zona d'udibilità dei vari suoni al variare della loro frequenza e della loro potenza.

rie frequenze, si ottiene appunto la fig. 1.14; essa indica quale conformazione abbiano i confini d'udibilità. A sinistra sono indicati i livelli sonori relativi alle frequenze più basse. Le note più basse del pianoforte, a 27 ed a 32 c/s, non si possono sentire se non ad un livello sonoro assai alto, di circa 80 decibel; però se il livello è oltre i 100 decibel, la sensazione si trasforma in malessere; sicchè il campo d'udibilità di queste note è molto limitato, essendo compreso tra 80 e 100 decibel.

Note musicali a 50 c/s si sentono già a circa 50 decibel, e danno dolore solo a 120 decibel. La zona d'udibilità più estesa è quella relativa a frequenze da 500 a

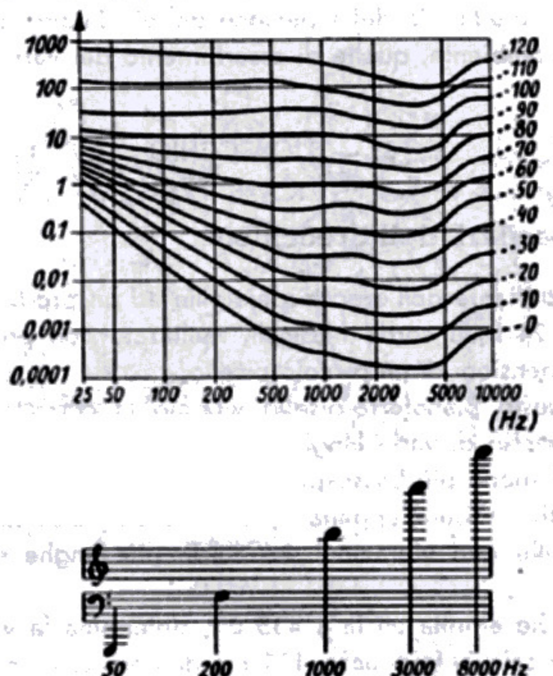


Fig. 1.15. - Audiogrammi indicanti come deve variare l'intensità sonora alle diverse frequenze affinchè rimanga costante la senzazione auditiva espressa in decibel.

5000 c/s. Anche i suoni molto acuti non si sentono se non quando sono già molto forti. Una nota a 20 mila cicli si sente solo se è molto intensa, a circa 45 decibel.

Nella figura è indicata la zona sonora « occupata » dalle grandi orchestre; essa può dare un'idea della vastità della gamma di frequenze musicali e della gamma delle intensità sonore che le grandi orchestre sono in grado di sviluppare.

Si traccia un *audiogramma* quando si esprime con una curva la variazione d'intensità sonora necessaria per conservare inalterata una data sensazione sonora al variare della frequenza. La fig. 1.15 illustra varie curve di questo tipo. Ciascuna curva corrisponde ad un dato livello sonoro in decibel; si riferisce alle variazioni di rapporto d'intensità sonora al variare della frequenza. Nella figura, la scala dei rapporti,

a sinistra, non ha inizio con 1 poichè essa si riferisce a misure di pressione sonora espresse in dine per centimetro quadrato. Il significato però non varia. A destra è indicato il livello in decibel corrispondente alle varie curve. Un suono a 25 c/s deve essere quasi 5000 volte più intenso di un altro a 2500 cicli, per determinare la stessa sensazione a zero decibel, ossia per essere appena percettibile. Non avviene la stessa cosa quando si tratta di livello sonoro molto alto; in questo caso bastano piccole variazioni d'intensità sonora per conservare inalterata l'entità della sensazione al variare della frequenza.

Gli audiogrammi, detti anche curve *isofoniche*, sono frequentemente usati per stabilire le condizioni d'udibilità delle persone deboli d'udito, per stabilire le condizioni acustiche di un ambiente, quelle di assorbimento dei vari materiali isolanti, ecc.

3. — L'ORECCHIO

Caratteristiche basilari dell'orecchio.

La parte più importante dell'orecchio è simile ad un prodigioso, complicatissimo pianoforte, con ben 24 mila corde musicali, realizzato con precisione così estrema da poter avere le dimensioni di un piccolo pisello.

Le corde di questo pianoforte-pisello vibrano in corrispondenza alle note di varia altezza. Sono perciò di varie lunghezze; la più lunga, quella che vibra quando all'orecchio giunge il suono più basso percettibile, misura 1,6 millimetri; la più corta, posta all'altra estremità, misura appena 0,14 millimetri. Dall'intensità del suono dipende l'ampiezza delle loro vibrazioni. Le corde più lunghe sono spaziate, le più corte sono fitte.

Uno strumento che emetta un *la* a 435 c/s, determina la vibrazione della corrispondente corda musicale a frequenza 435 c/s dell'orecchio, nonchè quella di altre corde a frequenze armoniche, a 870 c/s, a 1305 c/s, ecc. L'orecchio costituisce uno « specchio sonoro » estremamente fedele. Non è però ben chiaro come esso funzioni, anche soltanto dal punto di vista acustico, poichè non s'intende come una corda lunga appena 1,6 mm possa vibrare a frequenza tale da richiedere in un pianoforte una corda lunga ben 1 metro ed 80 centimetri. L'esperimento dimostra che se le corde più lunghe si deteriorano o si spezzano, l'orecchio non può più percepire i corrispondenti suoni bassi. Con l'avanzare dell'età le corde più corte, quelle che vibrano alle note più alte, si atrofizzano, specie nel tratto tra 14 000 e 20 000 cicli.

Non sono le onde sonore dell'aria a mettere in vibrazione le 24 mila corde del pianoforte-pisello, poichè basterebbe il pulviscolo sospeso in essa per rendere rapidamente inutilizzabile un organo di così alta delicatezza. Le 24 mila corde, dette *fibrille*, sono tese lungo un tubetto di natura ossea, piegato a spirale, a forma di chiocciola, pieno di un liquido speciale, detto *endolinfa*. Il pianoforte è dunque a forma di chiocciola, e vien detto *coclea*.

Le onde sonore dell'aria, raccolte dal padiglione dell'orecchio si propagano

lungo il canale uditivo, lungo circa 25 mm, e vanno ad esaurire la loro forza su una membrana che chiude completamente il canale. È la *membrana del timpano,* tesa come la pelle di un tamburo e fissata ad una cornice ossea. Le pressioni propagantisi nell'aria sotto forma di onde sonore determinano vibrazioni della membrana; ma poichè le pressioni corrispondenti ai suoni debolissimi sono estremamente lievi, la sensibilità della membrana del timpano è prodigiosa. Uno spostamento d'aria di appena due miliardesimi di mm, paragonabile alla variazione di pressione atmosferica determinata dal sollevare la testa di 7,5 centimetri, è già sufficiente per mettere in vibrazione la membrana del timpano.



Fig. 1.16. - Tutte le voci, tutti i suoni e tutti i rumori sono presenti nella coclea, l'auditorio-pisello esistente nell'orecchio interno.

La membrana possiede anche la straordinaria facoltà di variare automaticamente la propria elasticità; diventa più elastica in presenza di suoni bassi, ai quali corrispondono vibrazioni più ampie, data la maggior energia posseduta, e più rigida in presenza di suoni acuti. I suoni di una grande orchestra sono rappresentati da un susseguirsi di onde multiformi, le quali determinano complesse ed armoniche vi-

brazioni della membrana del timpano. Essa si rinnova nel tempo, ed in caso di lesione si ripara.

Al lato opposto della membrana del timpano è necessario vi sia la stessa pressione d'aria esistente nel canale auditivo. Se dietro la membrana vi fosse il vuoto, o aria molto rarefatta, la membrana verrebbe immediatamente sfondata dalla pressione dell'aria antistante. Avverrebbe la stessa cosa se posteriormente la pressione fosse più alta. Affinchè la pressione sia eguale ai due lati, un apposito canale comunica con la bocca; è detto *canale d'Eustachio*, ed è ben visibile in fig. 1.17.

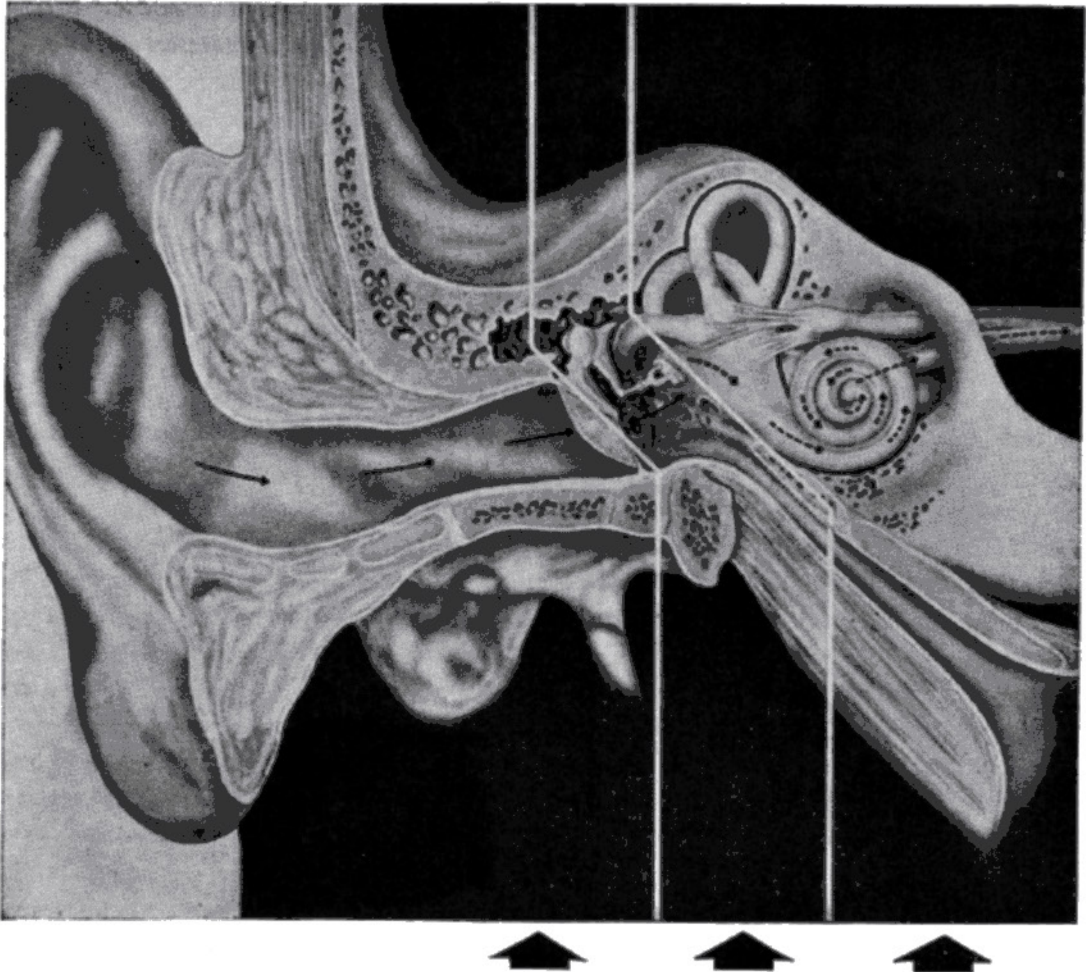


Fig. 1.17. - Le varie parti costituenti l'orecchio esterno, medio e interno. La conformazione della coclea e le sue due finestre sono illustrate anche dalla fig. 1.18.

Le parti dell'orecchio sono dunque tre: quella anteriore alla membrana, quella posteriore e, infine, la coclea. Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse al liquido presente nell'interno della coclea. All'entrata del tubetto con le

24 mila corde vi è una seconda membrana, la quale costituisce l'ingresso dell'orecchio interno, v. fig. 1.18. Le vibrazioni della prima membrana vengono trasmesse a questa seconda membrana, dalla quale si propagano nella endolinfa, e quindi alle corde.

La seconda membrana ha forma ovale e la sua superficie è circa la ventesima parte di quella del timpano; essa chiude una « finestra » non più grande della cruna di un ago. Senza qualche particolare accorgimento, le vibrazioni sonore impresse all'endolinfa si propagherebbero sino in fondo alla chiocciola, e poi, riflesse dalle pareti, ritornerebbero indietro, mettendo due volte in vibrazione le fibrille, ciò che non deve avvenire. È necessario che l'energia delle vibrazioni si esaurisca in qualche modo, e non ritorni indietro.

A tale scopo, le 24 mila fibrille sono intessute in una sottilissima membrana, di qualche millesimo di millimetro, la quale divide in due parti il tubetto avvolto a spirale; lo divide insieme con un particolare sostegno osseo, il quale fa anch'esso da parete divisoria. La finestra ovale è presente su una sola metà del tubetto, la metà

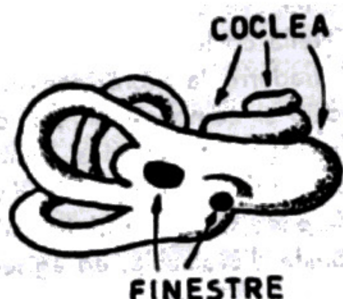


Fig. 1.18. - Il labirinto, ossia i canali semicircolari orientati a 90 gradi tra di loro, e la coclea con le sue due finestre.

superiore, detta *galleria superiore* o *canale semicircolare superiore* o anche *rampa vestibolare* oppure *scala vestibulae*. Le vibrazioni della piccola membrana si propagano nella endolinfa presente in questa galleria superiore, e poi a quella presente nella galleria inferiore, detta anche *rampa timpanica* o *scala tympani*. Questa seconda galleria finisce anch'essa con una « finestra », di forma rotonda, chiusa da una membrana, la quale ha il solo scopo di assorbire l'energia vibratoria rimasta.

La lunghezza di ciascuna delle gallerie è di 32 millimetri; il punto in cui esse comunicano è detto *elicotrema*. L'avvolgimento comprende due spirali e tre quarti.

La membrana del timpano non potrebbe comunicare le sue vibrazioni direttamente all'endolinfa, data la diversa *impedenza acustica*, un po' come la valvola finale di potenza non può comunicare direttamente con la bobina mobile dell'altoparlante, appunto per la diversa impedenza. Come è necessario un trasformatore adattatore, così è necessario un adattatore delle due impedenze, costituito da un dispositivo di tre ossicini, tra le due membrane, presente nell'orecchio medio. La membrana del timpano ha la stessa impedenza caratteristica dell'aria, di 42 ohm acustici; la parte in-

terna dell'orecchio, ossia la coclea, ha un'impedenza molto maggiore, intorno ai 150 000 ohm acustici.

Le vibrazioni della membrana del timpano vengono trasmesse alla *catena degli ossicini*, prima al martello, quindi all'incudine e infine alla staffa, la quale poggia sulla membrana ovale, ingresso dell'orecchio interno. In fig. 1.17 i tre ossicini si vedono abbastanza nitidamente.

Le vibrazioni della staffa risultano ridotte, rispetto a quelle della membrana del timpano, nella proporzione di 1,5 a 1; dato che la superficie della membrana ovale è circa la ventesima parte di quella del timpano, la pressione sull'endolinfa è circa 60 volte maggiore di quella delle onde sonore sulla membrana del timpano; il principio è un po' quello della leva idraulica.

La coclea è collegata a tre canali semicircolari, orientati ad angoli di 90° tra di loro, nei quali ha sede il senso dell'equilibrio, che non partecipano al fenomeno uditivo. L'insieme della coclea e dei tre canali vien detto *labirinto*.

Ciascuna delle 24 mila fibrille della coclea è collegata per cavo diretto con una zona del cervello; ne risulta che dall'orecchio parte un cavo uditivo composto di 24 mila conduttori isolati. Nella coclea c'è « qualche cosa », in corrispondenza di ciascuna fibrilla, in grado di tradurre la vibrazione meccanica in onda elettrica di forma corrispondente. L'orecchio si comporta un po' come una centrale telefonica, dalla quale partono continui messaggi a misteriosi abbonati in grado di interpretarli.

Ciascuno di noi sente la propria voce in modo diverso da come la sentono gli altri, per il fatto che parte delle onde sonore prodotte dalle corde vocali giungono nell'orecchio medio, tramite il canale d'Eustachio, ed agiscono direttamente sulla catena degli ossicini.

CAPITOLO SECONDO

LA RIPRODUZIONE SONORA

Elementi basilari.

Il suono può venir convertito in tensione elettrica alternativa, una tensione elettrica che riproduce esattamente tutta la modulazione sonora, costituita da onde esattamente come il suono è formato da onde. Le onde di tensione elettrica si propagano lungo fili conduttori, mentre le onde sonore si propagano nell'aria.

Questo fenomeno è alla base di tutta l'*audiotecnica*.

La tensione elettrica alternativa che riproduce il suono vien detta *tensione audio* o *tensione ad audiofrequenza* o *segnale audio*.

Il suono viene convertito in tensione audio mediante il *microfono*. Il microfono capta le onde sonore, entra in vibrazione e genera la tensione audio.

La tensione audio può venir, a sua volta, riconvertita in suono. Questo è il secondo fenomeno alla base dell'audiotecnica. La riconversione è ottenuta mediante l'*altoparlante*.

A seconda del modo con cui la tensione audio passa dal microfono all'altoparlante, si determinano tre distinte tecniche:

a) l'amplificazione audio,

b) la modulazione audio,

c) la registrazione audio.

L'AMPLIFICAZIONE AUDIO. — La tensione audio così come viene fornita dal microfono è sempre debole, non adatta per far funzionare l'altoparlante; essa può però venir notevolmente amplificata, sino a raggiungere ampiezze tali da far funzionare uno o più altoparlanti, ed essere riconvertita in voci e suoni adatti per una piccola stanza di soggiorno oppure per una vasta piazza.

Il dispositivo a valvole elettroniche o a transistor utilizzato per elevare la tensione audio all'ampiezza necessaria, è l'*amplificatore audio*.

La possibilità di amplificare convenientemente la tensione audio, costituisce il terzo fenomeno alla base dell'audiotecnica.

Esistono numerose versioni dell'amplificatore audio. Esso è sempre provvisto di un'entrata, alla quale è collegato il microfono, mediante un apposito cavo, e di un'uscita, alla quale è collegato l'altoparlante. L'entrata è a sinistra, l'uscita a destra.

La potenza dell'amplificatore è indicata in watt. Un piccolo amplificatore può avere la potenza di 1 watt; un grande amplificatore può avere quella di 50 watt.

LA MODULAZIONE AUDIO. — La tensione audio può venir utilizzata per modulare una tensione oscillante, ad alta frequenza. La tensione oscillante inviata all'antenna determina onde radio nello spazio. In tal modo la tensione audio può venir trasferita da una stazione trasmittente a molti apparecchi riceventi « via radio ».

Nelle stazioni radiotrasmittenti, la tensione audio fornita dal microfono viene anzitutto amplificata, quindi sovrapposta alla tensione oscillante. La tensione AF modulata viene quindi amplificata e poi inviata all'antenna trasmittente.

Negli apparecchi radio vi sono due parti distinte: il sintonizzatore radio e l'amplificatore audio; il primo provvede all'amplificazione della tensione AF modulata e alla sua rivelazione; il secondo provvede ad amplificare la debole tensione audio conseguente alla rivelazione del segnale radio.

LA REGISTRAZIONE AUDIO. — La tensione audio può venir utilizzata per tre diverse forme di registrazione:

a) l'incisione su dischi fonografici,

b) la registrazione su nastri magnetici,

c) la formazione della colonna sonora dei film.

La tensione audio può venir ricavata dai dischi mediante il *fonorivelatore* del quale sono provvisti i giradischi; dai nastri magnetici mediante la *testina magnetica* di cui sono provvisti i registratori; dai film mediante la *fotocella* di cui sono provvisti gli apparecchi di proiezione cinematografica.

Il fonorivelatore, la testina magnetica e la fotocella sono sempre seguiti da un *amplificatore*, la cui uscita è collegata all'altoparlante, o al gruppo di altoparlanti, per la riproduzione delle voci e dei suoni.

LA SORGENTE DI SEGNALE. — Il microfono capta ciò che gli perviene dalla *sorgente sonora*; un'orchestra è, ad es., una sorgente sonora. I dischi fonografici, i nastri magnetici e le colonne sonore dei film sono invece *sorgenti di segnale*. Il microfono è anch'esso una sorgente di segnale.

LA CATENA AUDIO. — L'insieme dei dispositivi necessari per ottenere una registrazione o una riproduzione sonora formano una *catena*. In una fonovaligia, ad es., il disco, il fonorivelatore, l'amplificatore e l'altoparlante formano una *catena audio*. Ciascun dispositivo è un *elemento della catena*.

IL SEGNALE AUDIO. — Il segnale si misura in millivolt. A ciascuna sorgente di segnale corrisponde un certo segnale, ossia una certa tensione audio. In genere,

la tensione audio in millivolt, corrispondente alle varie sorgenti di segnale, è la seguente:

a) microfono 5 millivolt,

b) fonorivelatore magnetico 3,5 millivolt,

c) fonorivelatore a cristallo 300 millivolt,

d) sintonizzatore radio 150 millivolt,

e) registratore magnetico 100 millivolt.

La tensione audio fornita dai microfoni e dai fonorivelatori magnetici è molto debole, di alcuni millesimi di volt; la tensione audio fornita dai fonorivelatori a cristallo, dai sintonizzatori radio e dai registratori magnetici è elevata.

Le fonovaligie sono provviste di fonorivelatore a cristallo; esso è collegato ad un amplificatore, il quale a sua volta è collegato all'altoparlante. Gli amplificatori audio di classe elevata, adatti per funzionare con qualsiasi sorgente di segnale, sono provvisti di diversi *ingressi*, uno per ciascuna sorgente di segnale.

Vi è l'ingresso per il microfono, quello per il fonorivelatore magnetico, quello per il fonorivelatore a cristallo, ecc.

I due primi ingressi *a)* e *b)* vengono detti *ingressi a basso livello*; ad essi corrisponde una valvola amplificatrice in più, nel complesso di amplificazione. Gli altri tre ingressi vengono detti *ad alto livello*; essi sono effettuati all'entrata della seconda valvola amplificatrice, in quanto necessitano di minor amplificazione.

POTENZA D'USCITA. — È la potenza dell'amplificatore, espressa in watt, e relativa alla tensione e alla corrente audio alla sua uscita, praticamente utilizzabile. Non è la massima potenza d'uscita; è la potenza d'uscita ottenibile senza eccessiva distorsione, in genere non superiore al 2 per cento.

POTENZA NOMINALE. — È la massima potenza utilizzabile che può venir fornita dall'amplificatore, in base alla tensione e alla corrente audio d'uscita; è la potenza ottenuta con il calcolo; è una potenza teorica. Alla potenza nominale corrisponde una percentuale di distorsione relativamente alta, ma non superiore al 5 per cento.

POTENZA DI SOVRACCARICO. — È una potenza superiore alla nominale, ottenibile con tensioni e correnti al limite delle condizioni di lavoro delle valvole finali. Le finali risultano, in queste condizioni, sovraccaricate. La distorsione è notevole.

POTENZA DI PICCO. — È l'estrema potenza ottenibile dall'amplificatore in qualche breve istante; è da considerarsi una potenza istantanea, corrispondente ai picchi di modulazione della tensione audio e alla capacità dei condensatori elettrolitici in funzione di condensatori-serbatoio.

ESEMPI DI POTENZE. — Un amplificatore di alta potenza e con buona fedeltà di riproduzione dell'intera gamma audio, può consentire le seguenti potenze:

a) potenza d'uscita normale: 20 watt,

b) potenza nominale: 22 watt,

c) potenza di sovraccarico: 30 watt,

d) potenza di picco: 60 watt.

LA RISPOSTA DI FREQUENZA. — Nessun impianto audio, per quanto perfetto, riproduce uniformemente tutte le frequenze corrispondenti alle voci e ai suoni. Varie limitazioni tecniche determinano una attenuazione di certe frequenze e una esaltazione di altre, e per di più introducono distorsioni. La riproduzione elettroacustica delle voci e dei suoni può risultare più o meno simile alla loro generazione originaria, ma mai eguale.

Una data catena audio, ad es. una fonovaligia, ha una data *risposta di frequenza*, ossia un dato modo di rispondere alle varie frequenze audio, diverso da quello di altri complessi, ad es. da quello di una sala cinematografica di prima visione. In genere la risposta di frequenza di una fonovaligia è molto modesta, in quanto non « risponde » per nulla alle frequenze basse, ed esclude anche tutte le armoniche elevate dei suoni, limitandosi a riprodurre abbastanza uniformemente le frequenze centrali della gamma audio. La risposta di un impianto cinematografico di alta classe è invece tale da consentire la uniforme riproduzione di un tratto estesissimo della gamma audio.

Parti dell'amplificazione audio.

L'amplificatore audio si distingue in tre parti:

a) l'amplificatore di tensione audio,

b) l'amplificatore finale di potenza,

c) l'alimentatore.

L'*amplificatore di tensione audio* provvede ad elevare la tensione del segnale audio di quanto necessario per far funzionare la valvola, o le valvole finali. Se, ad es., la sorgente di segnale (fonorivelatore, testina magnetica, ecc.) fornisce la tensione di 0,2 volt, e se alla valvola, o alle valvole finali è necessaria una tensione d'entrata di 20 volt, per poter funzionare normalmente, l'amplificatore di tensione provvede ad elevare la tensione audio da 0,2 volt a 20 volt. L'amplificatore audio è sempre presente, in tutti gli amplificatori.

L'*amplificatore finale di potenza* provvede a fornire potenza al segnale audio, affinchè possa mettere in azione la bobina mobile dell'altoparlante. Mentre le

valvole amplificatrici funzionano con sola tensione, l'altoparlante richiede invece potenza, ossia corrente audio oltre che tensione audio. Se, ad es., la corrente anodica assorbita dall'amplificatore di tensione è di 5 milliampere, e se sono necessari 50 milliampere per far funzionare l'altoparlante, l'amplificatore di potenza provvede ad elevare la corrente audio da 5 a 50 milliampere, elevando anche la tensione audio, in modo da ottenere la potenza desiderata.

L'*alimentatore* provvede a fornire le tensioni continue di lavoro alle valvole dell'amplificatore, e la tensione alternata di accensione ai filamenti delle valvole

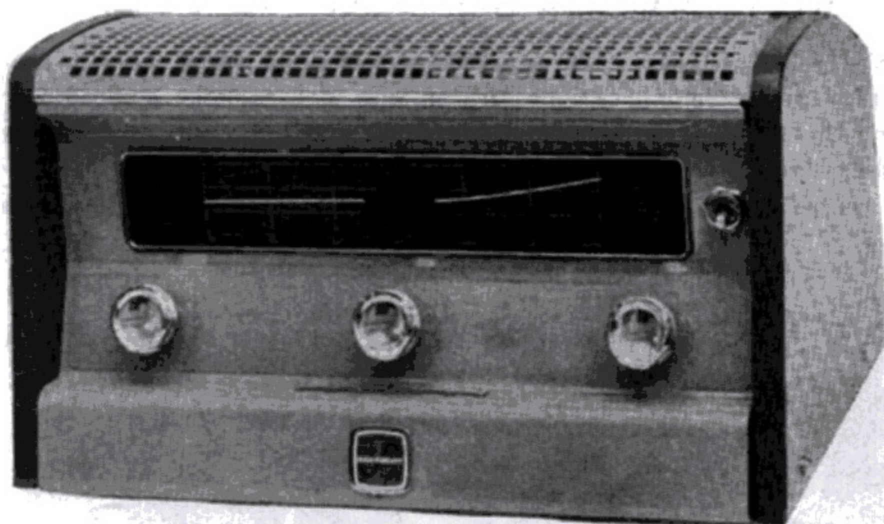


Fig. 2.1. - Esempio di amplificatore audio. È a uscita catodica, ingresso equalizzato per i dischi a microsolco e per quelli a 78 giri, con controllo separato e visualizzato delle alte e delle basse frequenze della gamma audio, e con controllo elettronico della potenza d'uscita.

stesse. È una parte ausiliaria, funzionante con una valvola raddrizzatrice o rettificatrice, oppure con un rettificatore metallico o anche con batteria di pile o di accumulatori.

L'amplificatore audio può funzionare con una sola valvola, e consentire la resa d'uscita di un watt, sufficiente per una fonovaligia. In tal caso la valvola è costituita da due sezioni, un triodo e un pentodo. Il triodo provvede all'amplificazione di tensione, il pentodo all'amplificazione di potenza. Essendovi una sola valvola, l'alimentatore è a rettificatore metallico, a meno che si tratti di amplificatore portatile funzionante a pile.

L'amplificatore di tensione è sempre disegnato per primo, da sinistra verso destra; l'amplificatore di potenza è disegnato di seguito, dal centro a destra. L'alimentatore va disegnato sotto l'amplificatore.

Il complesso di amplificazione.

Gli amplificatori di piccola potenza e quelli di media potenza sono generalmente costruiti in un unico complesso. Gli amplificatori ad alta fedeltà e di notevole potenza, e in genere tutti gli amplificatori di alta classe, sono invece costruiti in due o tre unità distinte, riunite insieme in modo da formare il complesso di amplificazione. Le due unità principali sono:

a) il preamplificatore,

b) l'unità di potenza con l'alimentatore.

IL PREAMPLIFICATORE. — Il preamplificatore, detto anche *unità di preamplificazione*, provvede all'amplificazione di tensione del segnale audio nonchè alla regolazione di volume e di tonalità. Consiste di due o tre valvole, ciascuna delle quali è generalmente un doppio triodo.

Il preamplificatore comprende tutti i *controlli di regolazione* di volume e di



Fig. 2.2. - Esempio di preamplificatore di complesso audio. Funziona con quattro valvole doppie, ed è provvisto dei vari controlli di volume, di tonalità e di equalizzazione.

tonalità, nonchè quelli di equalizzazione. È provvisto di alcuni ingressi, generalmente cinque, i seguenti: *a*) microfono, *b*) fonorivelatore magnetico, *c*) fonorivelatore piezoelettrico, *d*) sintonizzatore radio ed *e*) registratore magnetico.

L'*equalizzatore* è costituito da un commutatore, comandabile con manopola, e da un certo numero di circuiti, da tre a cinque. Esso provvede alla compensazione della curva di responso relativa alla incisione fonografica, alla trasmissione radio o alla registrazione magnetica. Incisione, trasmissione e registrazione avvengono in modo particolare, a seconda delle corrispondenti necessità tecniche; i segnali audio differiscono notevolmente a seconda che si tratti di incisione, di trasmissione o di registrazione magnetica. Tale diversità non ha importanza per i

piccoli amplificatori, a bassa fedeltà di riproduzione; ha invece notevole importanza per quelli ad alta fedeltà.

Il preamplificatore comprende anche il *miscelatore*, detto anche *mixer*. Esso consente di unire insieme due sorgenti diverse di segnale, per es. di determinare un sottofondo musicale durante un discorso, oppure di fornire indicazioni a voce durante una esecuzione musicale. Gli ingressi del preamplificatore sono distinti; il miscelatore consente di riunirli insieme. La fig. 2.2 illustra un esempio di preamplificatore.

L'UNITA' DI POTENZA. — L'unità di potenza consiste dell'amplificatore finale di potenza e dello stadio pilota, che lo precede, nonchè dell'alimentatore anodico. Generalmente è costituito da quattro o da cinque valvole e relativi componenti. È sempre provvisto di due valvole finali, di potenza, in circuito controfase.

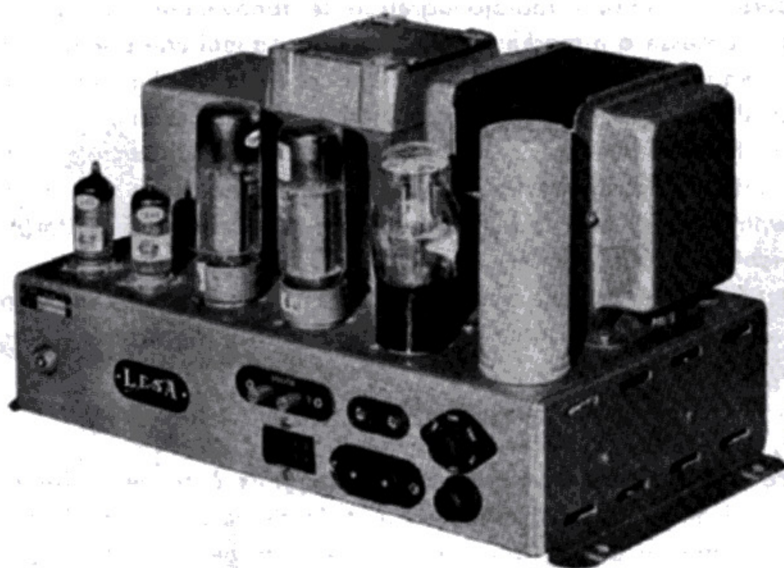


Fig. 2.3. - Esempio di amplificatore di potenza, di complesso audio. È del tipo ad alta fedeltà, con 20 watt d'uscita.

È a guadagno fisso, ossia non consente regolazioni di intensità sonora, in quanto tutti i controlli sono riuniti nel preamplificatore.

Lo stadio finale può essere in controfase normale, oppure in controfase ultralineare.

La fig. 2.3 mostra una unità di potenza, con potenza d'uscita da 20 watt, di tipo ultralineare, ad alta fedeltà. Le due valvole a sinistra provvedono all'amplificazione di tensione e all'inversione di fase. Seguono due valvole di dimensioni maggiori, quelle che provvedono all'amplificazione di potenza. Infine, a destra, è ben visibile la valvola raddrizzatrice dell'alimentatore anodico e la custodia tubolare dei due condensatori elettrolitici di livellamento.

La qualità della riproduzione sonora.

A seconda dell'ampiezza della gamma audio riprodotta, e a seconda della distorsione presente, la riproduzione sonora può essere: *a*) a bassissima fedeltà, *b*) a bassa fedeltà, *c*) a media fedeltà e, infine, *d*) ad alta fedeltà.

È a bassissima fedeltà la riproduzione sonora ottenibile con gli apparecchietti tascabili a transistor; è a bassa fedeltà quella ottenibile con la maggior parte degli apparecchi radio di piccole dimensioni e con le piccole fonovaligie; è a media fedeltà quella dei radiofonografi, degli apparecchi radio di classe elevata e delle fonovaligie di dimensioni normali, nonchè quella degli amplificatori di tipo usuale. Sono ad alta fedeltà soltanto i complessi di amplificazione di alta classe, di potenza elevata e di costruzione particolare, come ad es. quelli di alcuni cinema di prima visione.

Gli apparecchi radio, i radiofonografi e le fonovaligie con una sola valvola finale sono tutti a bassa o a media fedeltà, compresi quelli che per necessità d'ordine commerciale vengono definiti ad alta fedeltà, o Hi-Fi (dall'inglese *High Fidelity*).

Sono ad alta fedeltà solo quei complessi di amplificazione che sono provvisti di due valvole finali in circuito controfase, e dei controlli di tonalità di tipo passivo, nonchè del controllo di volume fisiologico. Anche tra questi complessi però vi sono alcuni effettivamente ad alta fedeltà, appositamente progettati e costruiti, ed altri solo parzialmente ad alta fedeltà.

Le sorgenti sonore ad alta fedeltà sono: le trasmissioni radio a modulazione di frequenza, i dischi a microsolco e i nastri magnetici registrati a velocità elevata.

Qualità di riproduzione e potenza sonora.

Maggiore è la qualità della riproduzione, maggiore è anche la *riserva di potenza* del complesso di amplificazione audio. La riserva di potenza è utilizzata per l'esaltazione delle frequenze basse (toni bassi) e delle frequenze alte (toni alti). Senza tale esaltazione, i toni bassi e i toni alti vengono amplificati insufficientemente, rispetto i toni della gamma centrale (da 300 a 3000 cicli/secondo). In tal caso, ossia con insufficiente amplificazione dei toni bassi e di quelli alti, non vi è alta fedeltà di riproduzione, ma solo bassa qualità audio.

Un piccolo amplificatore a due valvole consente una resa di uscita di 2 watt, a bassa qualità, amplificando solo le frequenze della gamma centrale. Un amplificatore ad alta fedeltà deve avere non 2 watt di uscita, ma 20 watt di uscita; deve amplificare la gamma centrale (da 300 a 3000 cicli/secondo) con la resa di uscita di 2 watt, e lasciare gli altri 18 watt quale riserva per i toni bassi e quelli alti.

L'amplificatore ad alta fedeltà è provvisto di due controlli di responso, uno per i toni bassi e l'altro per i toni alti, appunto per regolare la riserva di potenza a ciascuno dei lati della intera gamma audio. Uno dei controlli consente la regolazione dell'amplificazione dei toni bassi, da un minimo sino alla massima esaltazione, quella di 20 watt; l'altro controllo consente la stessa regolazione per i toni alti.

È questa grande riserva di potenza che determina la qualità dell'amplificatore ad alta fedeltà. Mentre il piccolo amplificatore esaurisce tutte le sue possibilità con i due watt di uscita, l'amplificatore ad alta fedeltà pur funzionando con la resa normale di due watt, ne dispone di altri diciotto per riuscire ad elevare le frequenze estreme allo stesso livello, o superiore, di quelle centrali. L'orecchio richiede molta potenza nei suoni bassi, per poterli percepire; senza tale potenza, i suoni bassi, e le armoniche dei suoni alti, sono assenti, e non vi è alta fedeltà.

La riproduzione stereofonica.

LA STEREOFONIA. — Quando la riproduzione sonora è tale da consentire l'ascolto di voci e suoni provenienti da due punti diversi, in modo da completarsi, si suol dire che vi è sterefonia. All'opposto si suol dire che la riproduzione è *monofonica*, ossia che vi è monofonia, quando le voci e i suoni riprodotti vengono diffusi

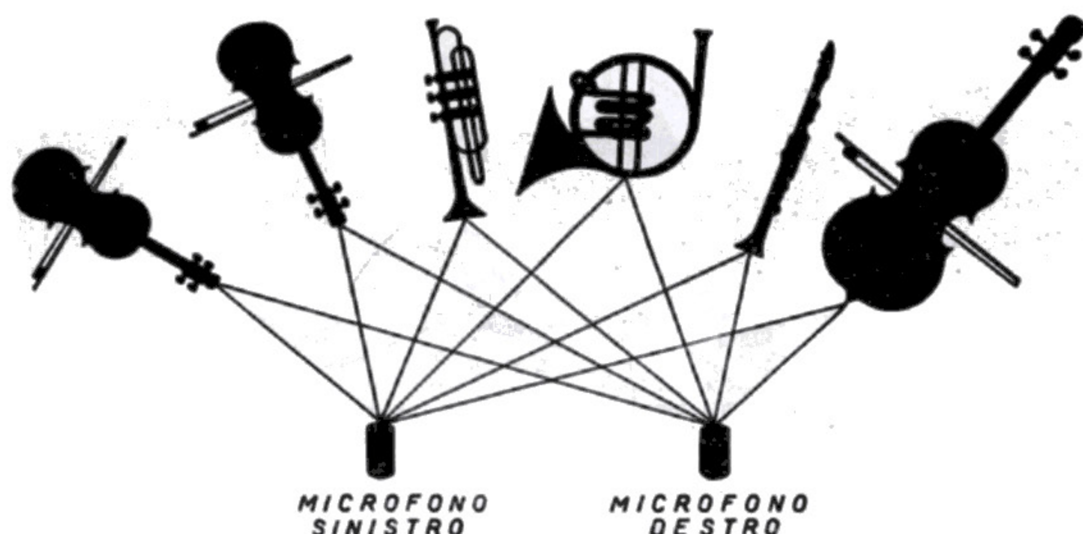


Fig. 2.4. - Per la registrazione stereofonica, due diversi microfoni captano i suoni prodotti dagli strumenti musicali.

da un punto solo, da un solo altoparlante, oppure da più altoparlanti insieme, come se fossero uno solo.

La riproduzione stereofonica è più vicina alla reale, poichè consente ai due orecchi di percepire ciascuno una diversa gamma di suoni, in modo da distinguere, ad es. gli strumenti che in un'orchestra si trovano a destra, da quelli che si trovano a sinistra.

Il senso della stereofonicità è però limitato, non essendo possibile suddividere in più di due punti la sorgente sonora, date le difficoltà tecniche conseguenti.

L'effetto risulta gradevole, anche se solo parzialmente simile a quello dell'ascolto di suoni reali, provenienti dall'orchestra e non dal disco.

La registrazione stereofonica è attualmente possibile con dischi fonografici e con registratori magnetici. I dischi fonografici con incisione stereofonica sono simili a quelli a microsolco; vengono riprodotti con una sola puntina; il loro solco porta due incisioni, una per ciascun lato del solco. La qualità della riproduzione sonora è notevolmente elevata, ma non raggiunge quella dei dischi a microsolco di tipo monofonico, con una sola incisione per solco.

I registratori magnetici di tipo stereofonico sono provvisti dello stesso nastro magnetico in uso per la registrazione monofonica, con la differenza che mentre questi ultimi sono provvisti di due piste magnetiche, i nastri stereofonici sono provvisti di quattro piste, dato che la registrazione stereo richiede due piste.

I CANALI STEREO. — La registrazione stereofonica richiede la presenza di almeno due microfoni, quello di destra e quello di sinistra, disposti ad una certa distanza l'uno dall'altro, da 2 a 6 metri, a seconda dell'ampiezza della sorgente



Fig. 2.5. - Esempio di fonovaligia stereofonica. Contiene un amplificatore a due canali, ed è provvista dei controlli di volume e di tonalità. I due altoparlanti formano il coperchio della fonovaligia.

sonora, ossia a seconda del numero degli strumenti costituenti l'orchestra. In pratica sono necessari due gruppi di microfoni, uno per gli strumenti situati a destra del direttore d'orchestra, e l'altro per quelli situati alla sua sinistra.

A ciascun gruppo di microfoni, di destra e di sinistra, corrisponde un complesso di amplificazione. Vi sono quindi due complessi, ossia due *canali audio*, uno per ciascuna delle due incisioni presenti nel solco del disco, oppure uno per ciascuna delle due piste magnetiche del nastro.

Per la riproduzione sonora sono pure necessari due *canali audio;* sono in uso cioè amplificatori stereo provvisti di due canali, a ciascuno dei quali corrisponde un amplificatore. Il complesso è perciò costituito da due amplificatori eguali, contenuti entro un'unica custodia, provvisti di un unico alimentatore anodico, ma distinti e separati, ciascuno con la propria entrata e con la propria uscita.

Gli amplificatori stereo possono venir utilizzati anche per funzionare da mono-

fonici; è possibile utilizzare uno solo dei due canali, oppure ambedue i canali collegati insieme, come se fossero uno solo; anche le loro uscite risultano riunite; i due altoparlanti funzionano come se fossero uno solo.

In genere vi è distinzione tra *alta fedeltà* e *stereofonia*. L'alta fedeltà consente l'ascolto di riproduzioni sonore particolarmente accurate, prive di distorsioni, relative ad estesissime gamme audio. La stereofonia consente di ottenere il senso della localizzazione spaziale degli strumenti; ma poichè il complesso sonoro necessario risulta doppio, le sue due singole parti non raggiungono l'accuratezza della singola parte del complesso ad alta fedeltà.

Anche l'incisione fonografica di tipo stereofonico non è all'altezza di quella monofonica ad alta fedeltà, in quanto il solco è utilizzato per due distinte incisioni anzichè per una sola.

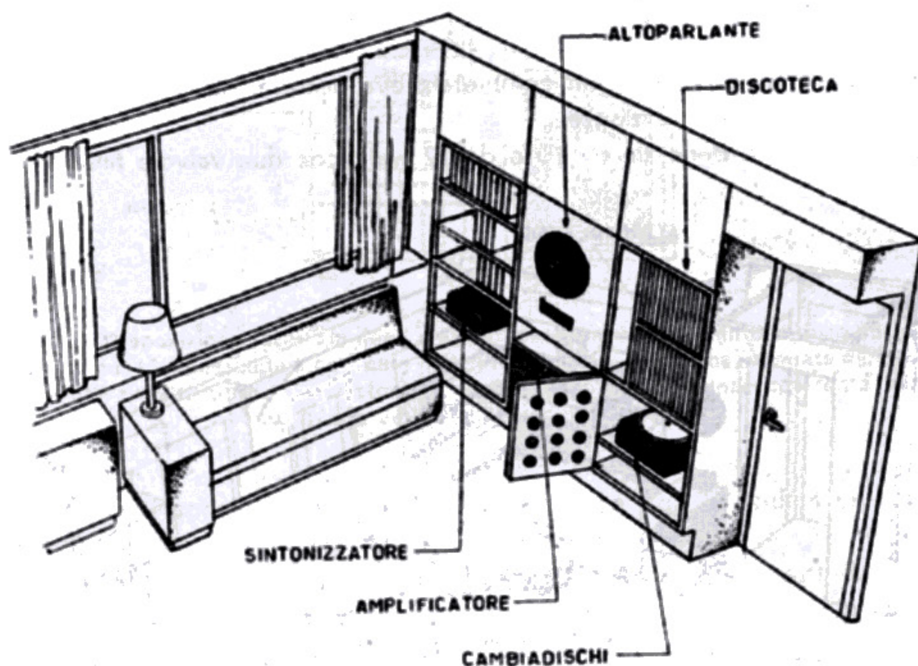


Fig. 2.6. - Disposizione razionale di impianto sonoro in stanza di soggiorno.

Il complesso sonoro da stanza di soggiorno.

L'apparecchio radiofonografico non è razionale; il suo mobile non è adatto per funzionare da cassa armonica dell'altoparlante; la cassa armonica è realizzata secondo precisi dettami tecnici, i quali non hanno nulla a che vedere con le dimensioni e le caratteristiche del mobile da radiofonografo.

L'ottima riproduzione dei programmi radiofonici e dei dischi fonografici, particolarmente dei dischi a microsolco, può essere ottenuta soltanto con la dispo-

sizione razionale dei vari elementi del complesso sonoro. Tale complesso differisce dall'apparecchio radiofonografo per il fatto che il suo elemento principale non è costituito dal mobile variamente decorato e provvisto di bar e giuochi, ma da un ottimo amplificatore ad audiofrequenza, separato dal resto del complesso.

Gli altri elementi del complesso sonoro sono:

a) il sintonizzatore-radio per la ricezione delle principali emittenti radiofoniche a modulazione d'ampiezza e di frequenza, particolarmente progettato e realizzato, in modo da limitare al minimo ogni forma di distorsione e di disturbo;

b) il giradischi, provvisto di rivelatore a stilo, per dischi a 78,26 giri e per quelli a 45 a 33,3 e a 16,6 giri;

c) l'altoparlante, o gli altoparlanti, sistemati nella apposita cassa acustica o su « schermo infinito ».

Questi elementi possono venir completati, ove occorra, dal microfono, e da altri altoparlanti sistemati in altre stanze.

L'amplificatore è bene sia da 10 o da 12 watt, con due valvole finali in contro-

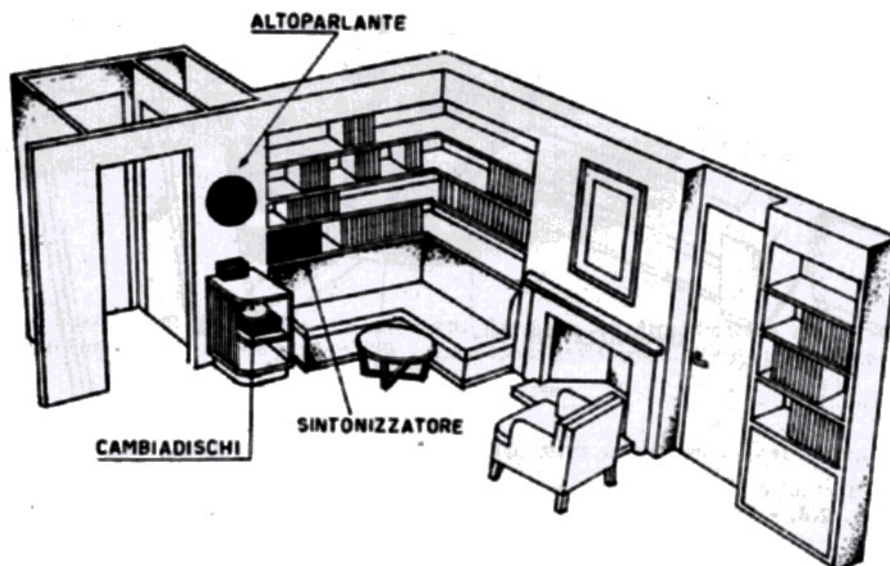


Fig. 2.7. - Disposizione opportuna dell'impianto solo quando l'altoparlante può venir fissato ad una delle pareti. In figura è fissato ad una delle pareti di un armadio a muro. Anche l'amplificatore è sistemato nell'armadio.

fase, essendo praticamente impossibile ottenere perfette riproduzioni sonore con una sola valvola finale. Può essere a quattro valvole, per esempio due finali 6BQ5 in controfase precedute da una 12AX7 e completate da una raddrizzatrice 5Y3; qualora sia previsto l'uso del microfono è necessaria una valvola in più, preamplificatrice, per

esempio una 6SJ7. Le valvole possono essere del tipo europeo, ed in tal caso le finali possono essere due EL84 precedute da una ECC83 a sua volta preceduta, ove occorra, da una EF 86; raddrizzatrice una GZ34. È necessario che l'amplificatore sia provvisto oltre che del controllo di volume anche di due controlli di responso, uno per i toni bassi e l'altro per i toni alti, da regolare a seconda del programma e delle condizioni acustiche dell'ambiente; l'accordo tra il complesso sonoro e l'ambiente è di grande importanza.

La fig. 2.6 illustra un esempio tipico di disposizione degli elementi del complesso sonoro in una stanza di soggiorno; l'altoparlante è sistemato nell'apposita cassa armonica del tipo Bass Reflex, della quale è detto ampiamente nel capitolo quinto.

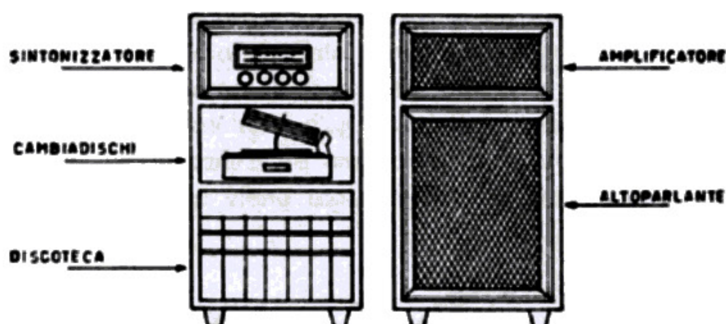


Fig. 2.8. - Disposizione razionale degli elementi componenti l'impianto sonoro per stanze di soggiorno. L'altoparlante è collocato nella propria cassa armonica, ospitata nello stesso mobile dell'amplificatore. Una sistemazione di questo tipo è senza confronto migliore di quella del comune radiofonografo.

Gli altri elementi sono distribuiti intorno ad esso. La fig. 2.7 indica un esempio di altoparlante sistemato su una parete della stanza.

La fig. 2.8 illustra la riunione dei quattro elementi in due custodie; in questo caso s'intende che l'altoparlante non è sistemato nella custodia, ma in cassa armonica posta nella custodia, sotto l'amplificatore anzichè altrove. Va tenuto presente che l'altoparlante può riprodurre una vastissima gamma di audiofrequenze solo se sistemato in apposita cassa armonica, progettata in base alla sua potenza ed al diametro del suo cono. Diversamente riproduce solo una frazione di tale gamma, oltre a determinare varie distorsioni.

Un complesso sonoro del tipo indicato costa un terzo meno del corrispondente apparecchio radiofonografo, e consente audizioni senza confronti migliori.

CAPITOLO TERZO

L'ALTOPARLANTE

Principio di funzionamento e parti componenti.

L'altoparlante converte l'energia elettrica ad audio frequenza, presente all'uscita dell'amplificatore, in energia acustica. Tale conversione avviene in modo che la forma della corrente ad audio frequenza è riprodotta fedelmente nella forma delle onde sonore. Si suol dire che l'altoparlante è un trasduttore; per trasduttore si intende un qualunque dispositivo atto a convertire una forma di energia in un'altra qualsiasi; al posto del termine *conversione* viene usato il termine *trasduzione*. L'altoparlante è

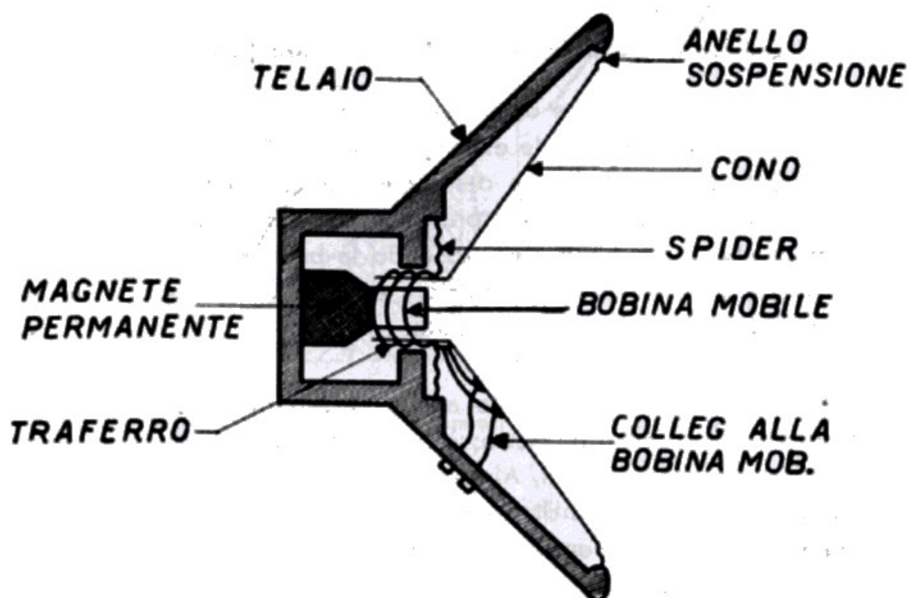


Fig. 3.1. - Principio dell'altoparlante.

un doppio trasduttore, poichè provvede anzitutto alla trasduzione dell'energia elettrica in energia meccanica, e poi a quella dell'energia meccanica in energia acustica.

Per riproduzioni sonore in ambienti chiusi, il tipo di altoparlante più usato è quello a *cono diffusore*; in esso, un cono di carta speciale viene messo in vibrazione; le vibrazioni si diffondono direttamente nell'aria sotto forma di onde sonore. Il cono vien detto anche *diaframma* o *membrana dell'altoparlante*.

Il cono è unito ad una bobina cilindrica di filo, rigidamente fissata al suo vertice, nella quale circola la corrente ad audiofrequenza fornita dall'amplificatore. Vien detta *bobina mobile* o *bobina fonica* (voice-coil). È immersa tra le espansioni polari di un forte magnete permanente.

Un tempo, al posto del magnete permanente, l'altoparlante era provvisto di una elettrocalamita, nel cui avvolgimento circolava la corrente di alimentazione anodica. L'elettrocalamita era utilizzata anche quale bobina di livellamento dell'alimentatore. Gli altoparlanti attuali, a magnete permanente, vengono detti *magnetodinamici;* quelli provvisti di calamita venivano detti elettrodinamici.

La fig. 3.1 indica le parti principali dell'altoparlante magnetodinamico. Esse sono:

a) il cono diffusore,

b) la bobina mobile,

c) il magnete permanente,

d) il telaio o cestello,

e) lo spider o il centratore,

f) l'anello di sospensione,

g) i due conduttori della bobina mobile, e le relative prese fissate al telaio.

La tensione ad audiofrequenza da convertire in voci e suoni viene applicata alla bobina mobile, la quale si trova tra le espansioni polari del magnete, perciò immersa in un campo magnetico. La presenza della tensione ad audiofrequenza determina vibrazioni della bobina mobile, per la presenza del campo magnetico. Tali vibrazioni sono comunicate al cono diffusore, essendo la bobina saldata alla base di tale cono. Il cono vibrando comunica le vibrazioni all'aria. Le vibrazioni nell'aria costituiscono, appunto, le voci e i suoni riprodotti.

IL MAGNETE. — Il *magnete,* detto anche *nucleo magnetico,* è di dimensioni relativamente piccole e di peso modesto; è usata un'apposita lega magnetica a base di alluminio, nichelio e cobalto (Alni, Alnico V, Ticonal, ecc.). Nei piccoli altoparlanti, il magnete misura appena 17 mm di altezza per 16 di larghezza e pesa 27 grammi; negli altoparlanti di media potenza le dimensioni possono essere di 25 mm per 21 mm ed il peso di 77 grammi.

Il magnete è incorporato in una *struttura magnetica* di ferro dolce; lo spazio tra le espansioni polari nel quale può muoversi la bobina vien detto *traferro;* è di forma anulare per cui le linee di forza magnetica sono distribuite radialmente; è largo circa 1 mm. Il magnete viene « caricato » collocandolo in un campo magnetico molto forte, ciò quando l'altoparlante è finito, oppure dopo essere stato incorporato nella struttura magnetica.

Gli altoparlanti magnetodinamici risultano meno costosi dei vecchi elettrodinamici, nei quali era presente una *bobina di campo* a molte spire di filo di rame di sezione elevata. Fanno eccezione soltanto i magnetodinamici molto grandi.

LA BOBINA MOBILE. — La bobina mobile vibra in modo da riprodurre fedelmente la forma dell'onda sonora, per effetto della reazione reciproca tra la corrente ad audiofrequenza che circola in essa, ed il campo magnetico nel quale è immersa. La forza che la sollecita a muoversi, detta *forza vibromotrice*, è proporzionale all'*induzione nel traferro* (ossia all'intensità del campo magnetico), al valore istantaneo della corrente ad audiofrequenza presente ed alla lunghezza totale del filo.

La bobina mobile deve essere perfettamente cilindrica ed assolutamente coassiale con il cono diffusore al quale è fissata. Deve essere inoltre equidistante dai due poli, tra i quali si muove, ossia deve essere ben centrata, e la centratura deve conservarsi a lungo. È avvolta con filo smaltato molto leggero. Un tempo veniva fissata immediatamente al vertice del cono diffusore; oggi si preferisce fissarla ad una certa distanza da esso, come indica la fig. 3.2.

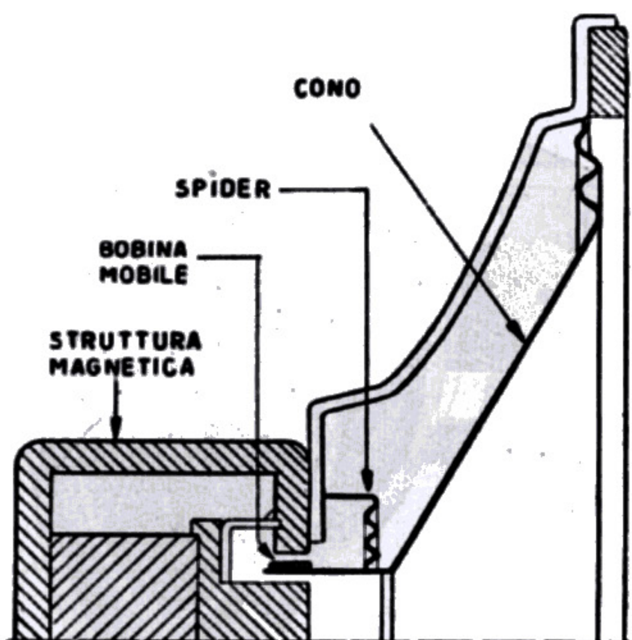


Fig. 3.2. - Parti componenti l'altoparlante a cono.

L'ampiezza di vibrazione della b. m. è piuttosto elevata, essendo bassa la resistività acustica dell'aria (42 ohm) con conseguente necessità di spostamenti ampi del cono diffusore. Affinchè la b. m. rimanga immersa nel campo magnetico anche in corrispondenza dei massimi spostamenti, le espansioni polari sono rastremate. Le dimensioni della bobina mobile devono essere proporzionate alla potenza dell'altoparlante, data la necessità di dissipare il calore prodotto; se, ad es., la potenza modulata è di 4 watt, il diametro della b. m. deve essere di circa 2,5 centimetri, e la sua superficie di 3 cm_2.

L'*impedenza*, unificata in quasi tutto il mondo, della bobina mobile è di 3,2

ohm per i piccoli altoparlanti, è di 50 ohm per quelli usati negli impianti di intercomunicazione (onde compensare le perdite lungo la linea), è da 6 a 10 ohm negli altoparlanti grandi, infine è da 16 a 20 ohm negli altoparlanti a tromba. Un tempo, all'epoca degli altoparlanti elettrodinamici, erano in uso impedenze minori, da 2,2 a 2,5 ohm.

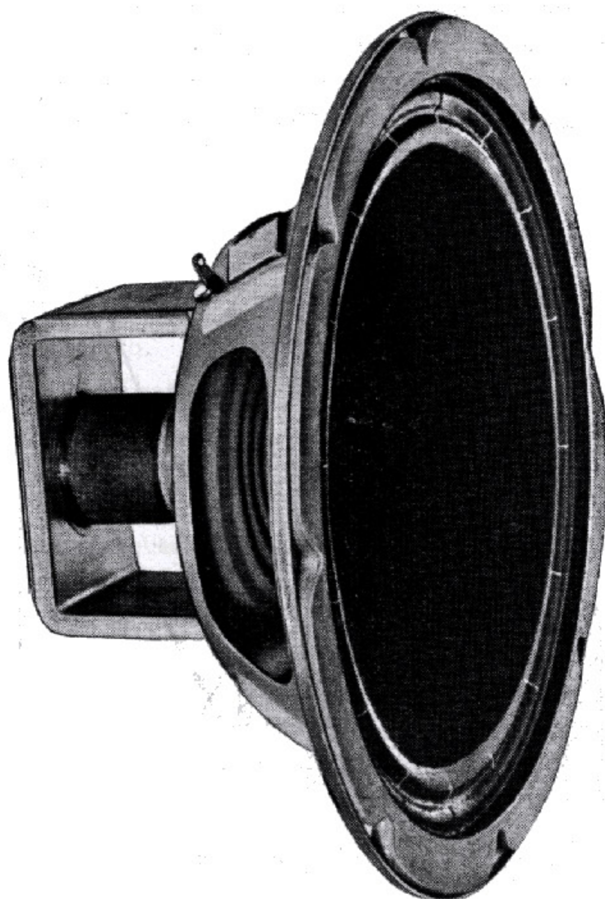


Fig. 3.3. - Altoparlante magnetodinamico.

IL CONO DIFFUSORE. — Sono state tentate numerosissime forme del cono diffusore, ma i risultati migliori sono stati raggiunti con la più semplice, la circolare. Vennero costruiti altoparlanti con cono a forma ellittica; sembravano meglio adatti a diffondere una più vasta gamma di frequenze, ma in seguito vennero abbandonati per gli inconvenienti a cui davano luogo. Attualmente i coni sono di forma conica e circolare, a superficie liscia, salvo per gli altoparlanti di piccola potenza, nei quali la superficie può essere corrugata o provvista di ondulazioni concentriche allo scopo di meglio diffondere le varie frequenze.

I coni sono di carta speciale, appositamente preparata. La carta soffice è adatta

per ottenere riproduzioni « liscie », prive cioè di fruscii acuti, ma essa non si presta bene per i toni a frequenza elevata, per cui è adatta solo per particolari altoparlanti, da usare insieme ad altri. La carta rigida è adatta per potenze elevate, ma non consente riproduzioni ad elevata fedeltà, per cui non viene usata negli altoparlanti di

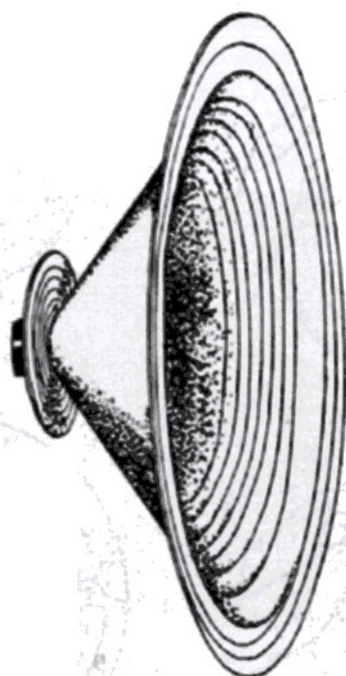


Fig. 3.4. - Cono diffusore, centratore esterno e bobina mobile.

qualità superiore. Generalmente viene adoperato un tipo di carta non troppo soffice e non troppo rigida, la quale varia a seconda del tipo e della potenza dell'altoparlante. Gli altoparlanti migliori sono provvisti di coni la cui rigidità diminuisce gradatamente, dal vertice al bordo; è massima al vertice e minima al bordo.

La fig. 3.6 illustra le varie fasi del cambio del cono di un altoparlante.

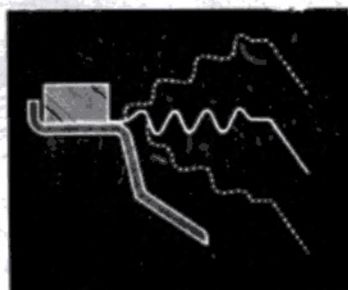


Fig. 3.5. - Comportamento dell'anello di sospensione, ossia del centratore elastico esterno.

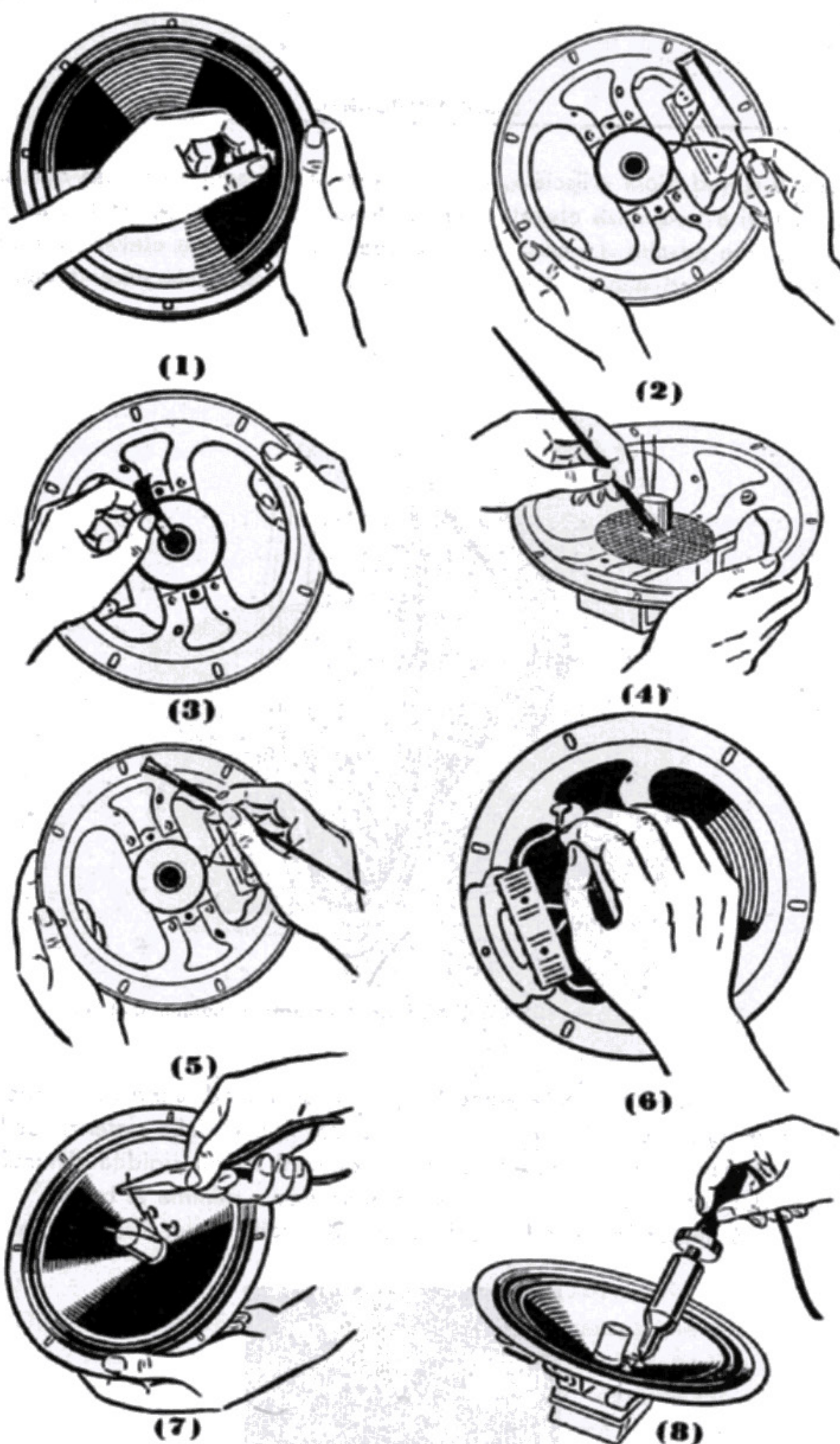


Fig. 3.6. - Istruzioni per il cambio del cono dell'altoparlante.

(1) Viene tolto il cono, con la bobina mobile ed il centratore. – (2) Viene ripulito accuratamente l'orlo del cestello al quale il cono era stato cementato. – (3) Con striscia di carta viene ripulito l'intraferro. (4) Se il centratore è esterno, viene sistemato insieme alla bobina mobile, la quale viene distanziata uniformemente dal polo centrale con un cilindretto di carta; il mastice viene deposto nel punto di contatto con il cono; se il centratore è interno, tutto l'insieme viene collocato a posto, e la bobina mobile viene distanziata con striscie di carta. – (5) Il mastice viene disteso sull'orlo del cestello, ed il cono viene collocato a posto e fissato al cestello ed al centratore. – (6) Anelli di carta vengono incollati sull'orlo del cono e viene completato il fissaggio; quindi l'altoparlante viene capovolto e pressato contro il tavolo, dove deve rimanere almeno due ore. – (7) I due fili provenienti dalla bobina mobile vengono fatti passare superiormente ed approntati per la saldatura. – (8) I due fili vanno saldati ai contatti del cono; se l'altoparlante è del tipo a centratore esterno, va tolto il cilindretto di carta usato come spaziatore, ed il cono cementato alla bobina mobile.

I CENTRATORI ED IL CESTELLO. — Il sistema vibrante dell'altoparlante, costituito dal cono e dalla bobina mobile, è centrato e frenato, mediante due appositi *centratori*, quello inferiore e quello superiore. L'inferiore — detto, con termine internazionale, *spider* — è presente al vertice del cono, e può essere *interno* oppure *esterno*. È interno quando si trova nell'interno del cono, ed è fissato al polo centrale, con una vite. È esterno quando si trova all'esterno del cono, fissato alla lastra dell'incastellatura magnetica. La fig. 3.8 illustra alcuni tipi di *spider*. In fig. 3.4 è ben visibile lo spider esterno; così pure in fig. 3.6. I centratori interni vennero usati nei primi altoparlanti, gli elettrodinamici; oggi sono quasi completamente abbandonati,

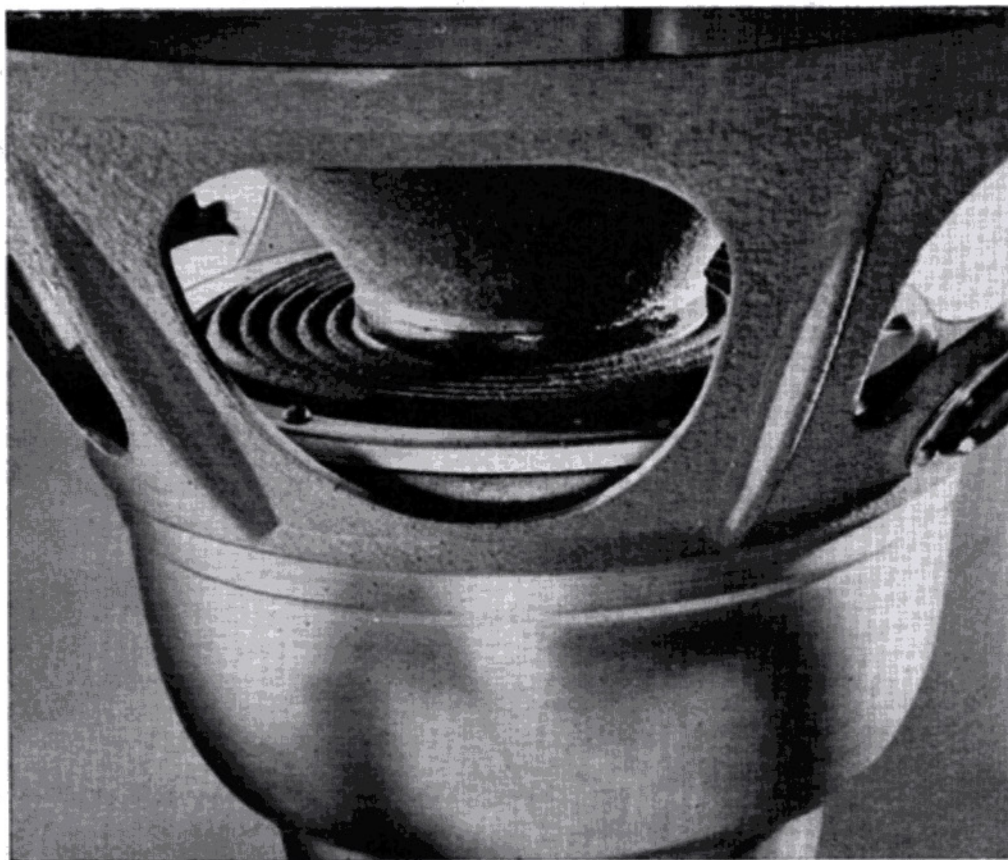


Fig. 3.7. - Cestello e centratore esterno di altoparlante.

data la *rettificazione acustica* che essi determinano, insieme ad altre forme di distorsione. Attualmente sono di gran lunga preferiti gli spider esterni, del tipo ondulato, molto ampi, benchè richiedano un'operazione più laboriosa per la centratura.

Il bordo esterno del cono è fissato all'orlo del *cestello*, fig. 3.9, la custodia metallica forata che protegge tutto il sistema vibrante. Il fissaggio viene effettuato tramite panno o pelle flessibilissima quando si tratta di altoparlanti adatti per la ripro-

duzione anche di frequenze sotto i 100 c/s, dato il notevole vantaggio che tale sistema di fissaggio comporta alle frequenze più basse.



Fig. 3.8. - Alcuni tipi di centratori (spider).

Un tipo speciale di cono è quello « ad accordion », usato in alcuni altoparlanti prodotti dalla RCA; l'orlo superiore del cono non è fissato in alcun modo al cestello, per cui è libero di vibrare; è ripiegato indietro. Ne risulta che la riproduzione delle frequenze basse si estende di circa un'ottava oltre quella dei normali altoparlanti, tanto da consentire riproduzioni entro una gamma estesissima, da 30 a 14 000 c/s.

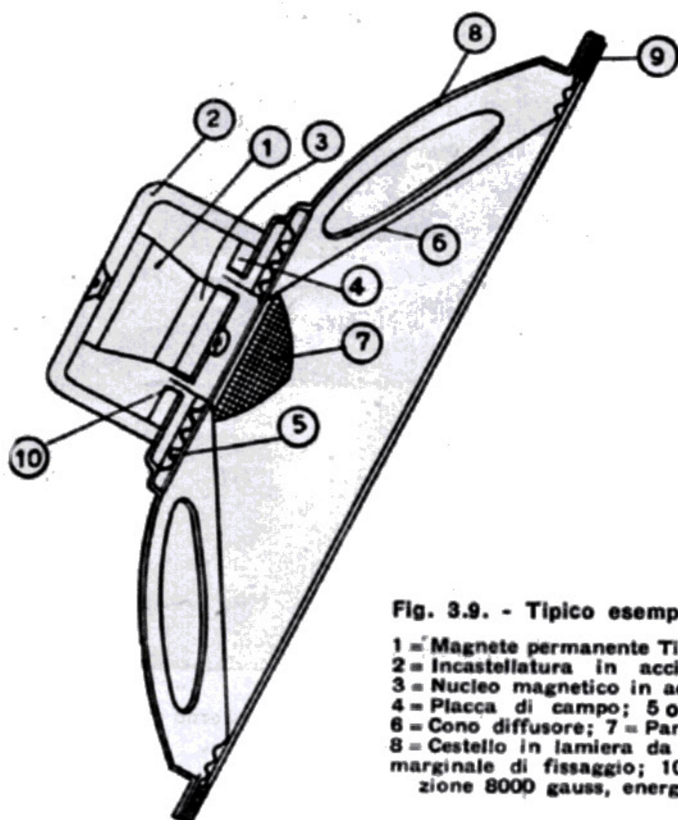


Fig. 3.9. - Tipico esempio di altoparlante

1 = Magnete permanente Ticonal, peso gr. 75; 2 = Incastellatura in acciaio extra dolce; 3 = Nucleo magnetico in acciaio extra dolce; 4 = Placca di campo; 5 o Spider in nylon; 6 = Cono diffusore; 7 = Paranucleo in nylon; 8 = Cestello in lamiera da 1 mm; 9 = Feltro marginale di fissaggio; 10 = Traferro, induzione 8000 gauss, energia 800.000 erg.

Caratteristiche di funzionamento dell'altoparlante.

RESPONSO DELL'ALTOPARLANTE E CURVE DI FEDELTA'. — Per *responso dell'altoparlante* s'intende il comportamento dello stesso alle varie frequenze, indicato dalla *curva di fedeltà*, avente per ascisse le varie frequenze riproducibili e per ordinate le intensità sonore, come in fig. 3.10. L'altoparlante viene alimentato a tensione costante, mentre viene variata la frequenza. Il rilievo viene effettuato in ambiente

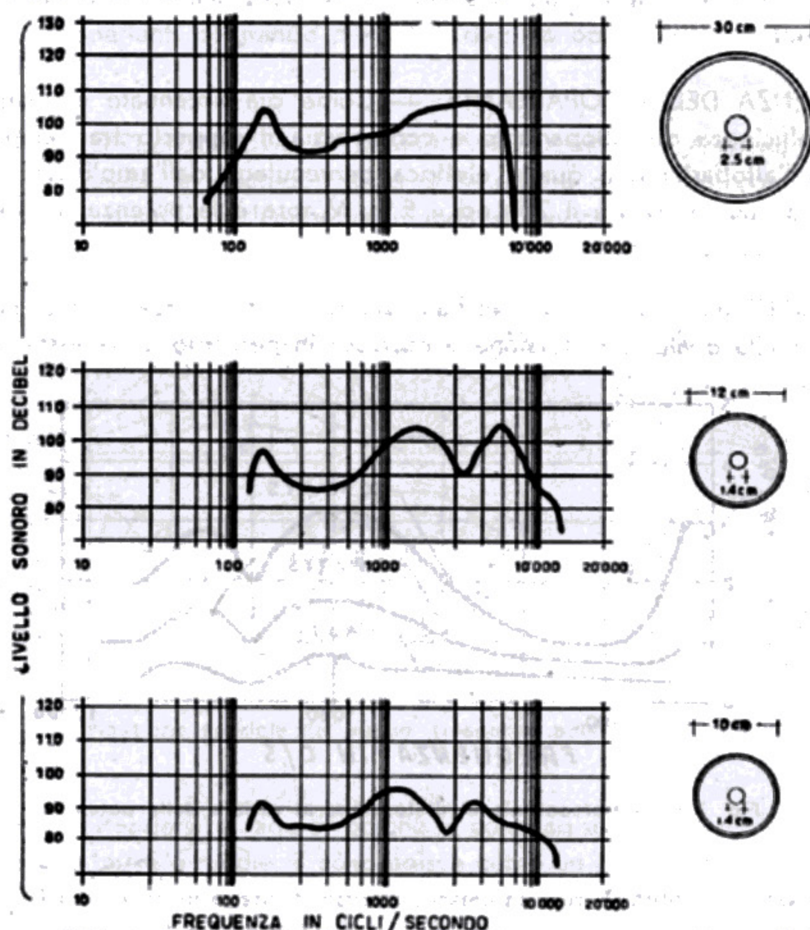


Fig. 3.10. - Curve di responso di altoparlanti dello stesso tipo, al variare del diametro del cono diffusore.

ad altissimo coefficiente di assorbimento, onde evitare che la misura venga influenzata dai suoni riflessi.

La curva di fedeltà non esprime però il responso vero e proprio dell'altoparlante, poichè non tiene conto della dinamica dei suoni, ossia delle variazioni d'intensità sonora, ma solo delle variazioni di frequenza. Ha solo valore indicativo, e si riferisce ad un dato tipo di altoparlante. Inoltre ciascun Costruttore ha un proprio modo di rilevare la curva di fedeltà dei propri altoparlanti, per cui un raffronto fra varie curve di responso non riesce utile.

Utile riesce invece confrontare le varie curve di una stessa categoria di altoparlanti, al variare del diametro della bobina mobile e del cono, quindi anche della potenza, come appunto in fig. 3.10. Si può notare che la resa d'uscita dell'altoparlante con cono di 30 cm va rapidamente giù alla frequenza di 5000 c/s, mentre quelle di altoparlanti da 12 e da 10 cm di diametro, oltrepassano i 10 000 c/s; il contrario avviene all'altro estremo della gamma. Si può anche notare che riducendo il solo diametro del cono, da 12 a 10 cm, la curva rimane quasi inalterata mentre diminuisce il livello sonoro.

EFFICIENZA DELL'ALTOPARLANTE. — Come già accennato nel capitolo precedente, l'efficienza dell'altoparlante a cono, ossia il rapporto tra l'energia sonora prodotta dall'altoparlante e quella elettrica pervenutagli dall'amplificatore, è molto bassa essendo compresa tra il 2 % ed il 5 %. Minore è la potenza dell'altoparlante, più bassa è la sua efficienza.

DISTORSIONE. — Aumenta con l'aumentare della potenza sonora, come indica la fig. 3.11, nella quale la distorsione è espressa in percento. Si riferisce ad altoparlante da 25 watt di potenza, di alta classe; la distorsione è inferiore all'1 % ad 1 watt, è compresa tra l'1 ed il 2 % a 2 watt, e tra il 2 ed il 3 % a 10 watt.

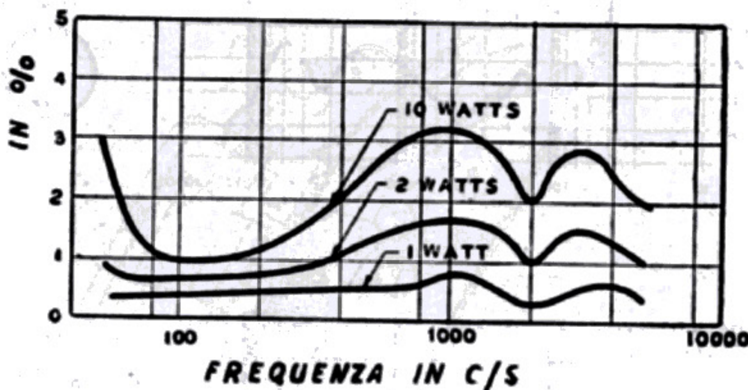


Fig. 3.11. - Percentuale di distorsione al variare della potenza.

Una delle maggiori cause di distorsione consiste nella cedevolezza non lineare del centratore, lo spider; esso frena la bobina mobile tanto più quanto più ampio è il movimento; quindi, maggiore è l'ampiezza della vibrazione, maggiore è anche la distorsione. La si attenua portando la frequenza fondamentale di risonanza del sistema vibrante al limite più basso della gamma di frequenze riproducibili. Sopra tale frequenza, la reattanza meccanica del centratore è piccola rispetto quella dell'intero sistema vibrante. Nell'esempio di figura, la frequenza fondamentale del sistema è a 30 cicli/secondo.

Anche il cono determina distorsioni armoniche e subarmoniche, comprese tra 100 e 1000 c/s, ossia nella parte della gamma in cui la potenza è massima. Possono

venir molto ridotte rendendo il cono molto rigido, aumentandone lo spessore. Se lo spessore viene aumentato di 2,5 volte, la rigidità aumenta di circa 15 volte.

Altra causa di distorsione risiede nella non omogenea densità del flusso nella bobina mobile; per limitare questa distorsione si aumenta il diametro della b. m. quanto è possibile, e la si rende più lunga del traferro. Coni di spessore notevole, per limitare la distorsione, richiedono bobine mobili di adeguata pesantezza; è perciò che mentre le bobine mobili dei piccoli altoparlanti pesano 1 grammo ciascuna, quelle degli altoparlanti di grande diametro, degli altoparlanti migliori, pesano sino a 25 grammi.

CURVA DI DIREZIONALITA' O RESPONSO POLARE. — A mano a mano che la frequenza aumenta, la lunghezza delle onde sonore diffuse dal cono dell'altoparlante diminuisce; quando la lunghezza d'onda si avvicina al diametro del cono, il

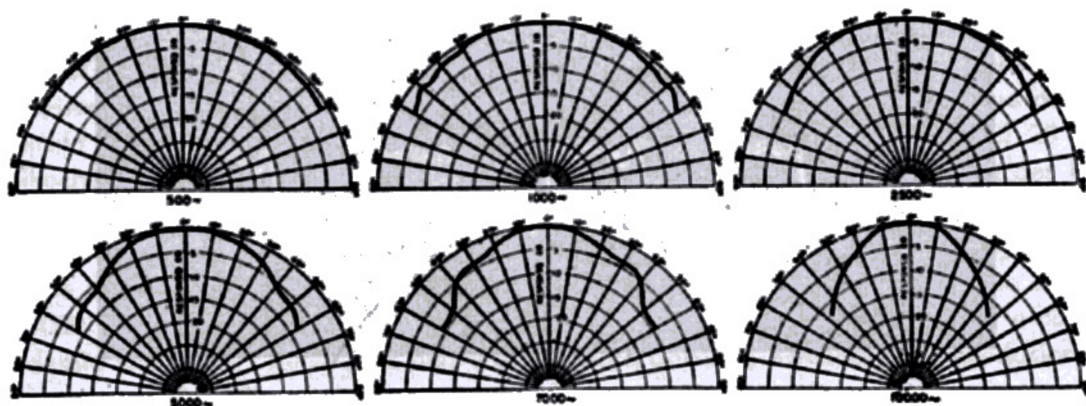


Fig. 3.12. - Distribuzione spaziale del suono (responso polare) al variare della frequenza.

suono tende a diffondersi a raggio, poichè il cono agisce allora anche da riflettore. Per le frequenze basse e medie, il cono agisce come un pistone, ma per le frequenze alte non avviene così; l'angolo di apertura del cono ed il diametro del cono stesso influiscono fortemente sulla diffusione spaziale dei suoni.

Alla frequenza di 100 cicli/secondo la lunghezza dell'onda sonora è di circa 3,3 metri; a quella di 1000 cicli/secondo la lunghezza d'onda è di 33 centimetri, mentre è di 3,3 cm alla frequenza di 10 000 c/s.

Ne risulta che l'altoparlante non può diffondere uniformemente tutte le frequenze sonore entro un dato angolo; poichè il suo cono concentra le frequenze elevate, queste sono presenti in prevalenza lungo l'asse dell'altoparlante, ossia si propagano bene davanti ad esso e male ai suoi lati.

Con apposite apparecchiature è possibile stabilire come avvenga la distribuzione della potenza sonora davanti all'altoparlante, in corrispondenza alle principali frequenze. È possibile tracciare una curva, detta *curva di direzionalità* o anche carat-

teristica di direzionalità o *responso polare*. La fig. 3.12 indica il responso polare di un altoparlante a sei diverse frequenze, da 500 a 10 000 cicli/secondo.

Contrariamente a quanto potrebbe sembrare, gli altoparlanti di piccolo diametro diffondono meglio le varie frequenze sonore, in modo più uniforme, che non quelli di grande diametro, appunto perchè quest'ultimi funzionano da riflettori a frequenze meno alte.

RESPONSO TRANSIENTE. — I suoni della voce e della musica sono di carattere transitorio, ossia sono costituiti da impulsi istantanei continuamente variati. Una caratteristica importante dell'altoparlante è il suo modo di comportarsi in presenza di valori istantanei. Se il sistema vibrante ha troppa inerzia, ossia è troppo frenato e pesante, stenta a seguire gli impulsi istantanei della corrente ad audiofrequenza, e la riproduzione sonora non è più fedele; se il sistema vibrante ha poca inerzia, è poco

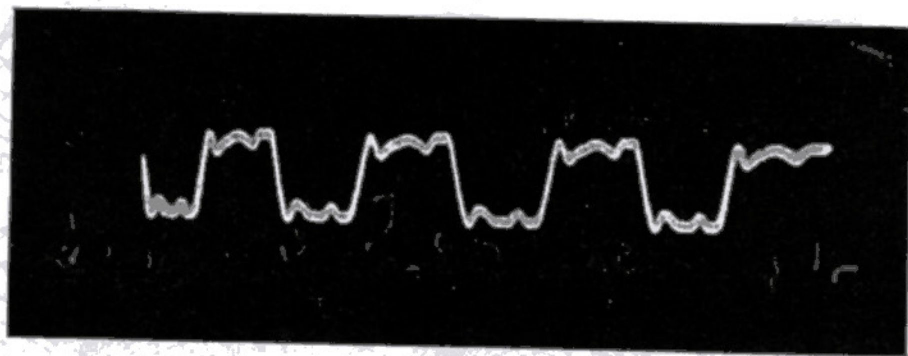


Fig. 3.13. - Responso transiente di altoparlante. L'oscillogramma indica la deformazione delle onde quadre applicate all'entrata dell'amplificatore, da parte dell'altoparlante.

frenato, continua ad oscillare dopo la fine dell'impulso istantaneo e produce suoni estranei a frequenza elevata, alterando la forma d'onda.

Il modo con cui l'altoparlante si comporta in presenza dei *transitori* vien detto *responso transiente*. È di difficile rilievo, poichè richiede apparecchiature accurate. All'entrata dell'amplificatore viene applicata una data frequenza, per es. 900 c/s, ad onda quadra, data la ripidità del fronte e del retro di ciascun'onda. Ogni semionda costituisce un transitorio, un impulso istantaneo. Il rilievo viene fatto collocando un microfono adatto davanti all'altoparlante, ad una certa distanza da esso. Il microfono è collegato all'amplificatore ed all'oscillografo a raggi catodici.

La fig. 3.13 illustra il responso transiente di un altoparlante coassiale. La fotografia dell'oscillogramma mostra una notevole deformazione dell'onda quadra; il fronte ed il retro di ciascuna onda non sono diritti come dovrebbero, ma leggermente inclinati; maggiore è questa inclinazione, peggiore è il responso. Inoltre, dopo ciascun fronte e retro vi è una certa oscillazione, che non vi dovrebbe essere se il responso fosse perfetto.

DINAMICA DEGLI ALTOPARLANTI A CONO DIFFUSORE

Diametro dell'altoparlante in centimetri	Foro dello schermo in centimetri	Limite della frequenza bassa in cicli/secondo	Limite della frequenza alta in cicli/secondo
45	40,0	40	7000
38	33,5	50	7500
30	26,5	60	8000
25	22,2	70	8500
20	17,2	80	9000
15	13,4	95	9500
12	10,2	115	10000
10	9,0	140	10000

La dinamica delle strutture vibranti dei diversi altoparlanti risulta quella indicata in via di approssimazione quando gli altoparlanti sono provvisti di schermo adeguato.

Con altoparlanti di diametro superiore ai 45 centimetri non si ottiene alcuna sensibile riduzione del limite della frequenza bassa.

SCALA DELLE AUDIO FREQUENZE. — L'orecchio non sente piccole variazioni di estensione di frequenza, così come non sente piccole variazioni di estensione d'intensità sonora, essendo necessaria una percentuale di variazione di almeno il 25 % affinchè percepisca una diminuzione o un aumento del livello sonoro. Mentre per le intensità sonore, ossia per i livelli sonori, vi è la graduazione in decibel, per le audio frequenze vi è una graduazione provvisoria in *unità limitate*, dette LIM. La graduazione va, per ora, da 3000 cicli/secondo sino a 20 000 cicli/secondo, visto che sotto i 3000 c/s la riproduzione risulta troppo scadente per poter essere accettabile, e considerato che sopra i 20 000 c/s non è attualmente possibile estendere la riproduzione sonora normale della musica.

Gli altoparlanti molto piccoli inseriti negli apparecchi radio tascabili, i personali, sono da 1 LIM; gli apparecchi autoradio riescono, generalmente, a riprodurre suoni per 2 LIM. Gli impianti sonori a fedeltà media sono da 3 a 4 LIM, quelli ad alta fedeltà da 5 a 6 LIM ed infine quelli ad altissima fedeltà da 7 ad 8 LIM. Lo stesso equivale per le varie categorie di altoparlanti.

Principio dell'altoparlante a tromba.

Un secondo tipo di altoparlante, molto usato quando sono necessarie grandi potenze sonore, è quello a tromba, del quale la fig. 3.14 illustra le parti essenziali. Anche in questo caso vi è una struttura magnetica, e vi è la bobina mobile immersa nel traferro, ma essa non è fissata ad alcun cono diffusore, è bensì collegata ad una piccola *membrana*, generalmente di metallo leggero o di materiale fenolico. La tromba si trova davanti alla membrana vibrante. L'energia sonora si diffonde dalla *gola* della tromba, lungo lo spazio interno della tromba stessa, ed esce dalla *bocca*. Poichè la tromba si allarga continuamente, le sue pareti non vengono direttamente investite dall'onda sonora, per cui non entrano in vibrazione.

La parte interna della tromba costituisce *la camera di compressione*; lo spa-

zio compreso tra il membrana e la gola della tromba vien detto camera sonora o camera *del suono*. La tromba si comporta come un *trasformatore acustico;* essa adatta l'impedenza meccanica del membrana con quella dell'aria presente nel suo interno Il profilo della tromba risulta da precise formule matematiche.

L'incastellatura meccanica, la bobina mobile ed il membrana costituiscono l'*elemento pilota* o l'*unità pilota* dell'altoparlante. Il rendimento dell'altoparlante a tromba è molto superiore a quello a cono diffusore, circa 20 decibel, essendo compreso tra il 30 ed il 40 %, mentre il rendimento dell'altoparlante a cono è compreso tra 2 e 5 %. A parità di potenza dell'amplificatore, l'altoparlante a tromba sviluppa una potenza sonora oltre 10 volte maggiore, ed in più concentra tale potenza entro

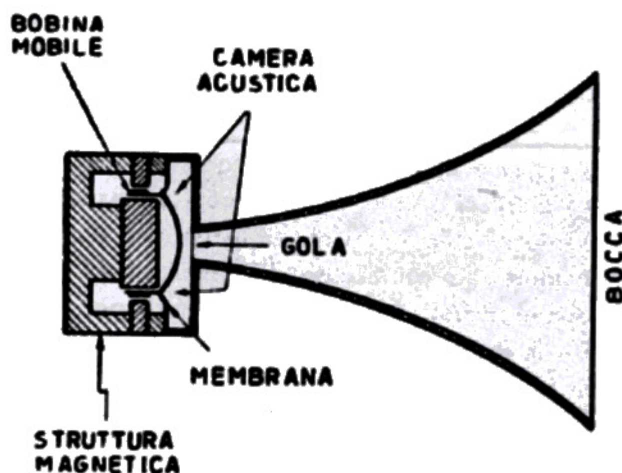


Fig. 3.14. - Parti componenti l'altoparlante a tromba.

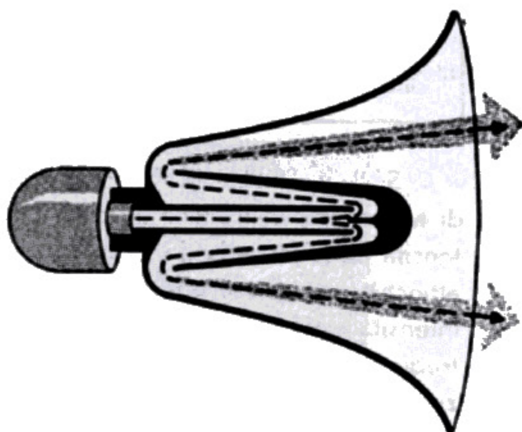


Fig. 3.15. - Principio dell'altoparlante a tromba piegata.

una zona limitata, un po' come un proiettore luminoso. È quindi adatto solo per grandi ambienti e per riproduzioni sonore all'aperto. Non può venir costruito per potenze limitate dato il maggior ingombro rispetto all'altoparlante a cono, ed anche perchè richiede che gli ascoltatori si trovino a distanza maggiore, appunto come un piccolo proiettore non è adatto per illuminare uniformemente una stanza.

Se l'unità pilota di un altoparlante a tromba viene fatta funzionare da sola, senza la tromba, l'intensità sonora risulta molto modesta, nonostante la potenza dell'unità e le ampie vibrazioni della membrana, ciò per il fatto che il volume d'aria messo in vibrazione è molto limitato. Non appena viene applicata la tromba, la membrana risulta caricata, e l'energia sonora prodotta è normale.

Qualsiasi tromba del tipo usuale può servire per caricare la membrana, ma soltanto trombe di determinato sviluppo consentono la riproduzione uniforme delle varie frequenze, e sono esenti da distorsioni. Le trombe meglio adatte sono del tipo *esponenziale*, e possono essere di metallo o di legno. La frequenza più bassa che esse sono in grado di riprodurre dipende dalla loro lunghezza. Se una tromba esponenziale deve poter riprodurre frequenze di 64 c/s, e consentire quindi una buona

riproduzione dei toni bassi, deve essere lunga 4,26 metri, e l'apertura della sua bocca deve essere di 1,82 metri. È per questa ragione che per le riproduzioni musicali vengono utilizzate trombe piegate in vario modo, come in fig. 3.15, mentre quelle diritte sono usate solo per sonorizzare piazze e simili.

Altoparlanti a membrana e cono.

Nei tipi più recenti di altoparlanti ad ampia estensione di gamma, al cono diffusore è stata aggiunta la membrana di compressione, ossia sono stati riuniti i due principî, quello del radiatore diretto e quello dell'unità di compressione, usata per



Fig. 3.16. - Altoparlante a cono-membrana, nel quale sono utilizzati i principî dell'altoparlante a cono e dell'altoparlante a tromba, ossia a diffusore diretto ed a compressione. Il cono sostituisce la tromba nella diffusione delle frequenze elevate. Diametro cono 28 centimetri, potenza continua 30 watt (Western Electric).

gli altoparlanti a tromba. La bobina mobile è una sola, di diametro notevole, dato che la membrana di compressione si trova al vertice del cono. Un esempio di altoparlante di questo tipo è quello di fig. 3.16. Il collegamento tra la membrana ed il cono è tale da costituire un filtro passa-alto di natura meccanica, per cui non è necessario nessun divisore di frequenza. La membrana di compressione provvede alla

diffusione delle frequenze alte, mentre il cono provvede a quella delle frequenze basse, sotto gli 800 c/s. Tutta la restante parte della gamma, da 800 a circa 12 000 c/s, viene diffusa dalla membrana centrale, la quale risulta caricata dalla massa d'aria compressa entro il cono.

Coppie di altoparlanti.

Per ottenere la riproduzione di una vasta gamma di frequenze sonore, è in uso collegare due altoparlanti con caratteristiche diverse all'uscita dello stesso amplificatore. Ne risulta un *sistema a canale multiplo*. I due altoparlanti sono scelti in modo da essere complementari, uno bene adatto per la riproduzione delle frequenze basse e l'altro per quelle alte. La gamma di frequenza viene in tal modo divisa in due parti, ed a ciascun altoparlante è affidata la riproduzione di una di esse, ciò che risulta molto più facile di quanto non sia la riproduzione dell'intera gamma con un altoparlante solo. La fedeltà della riproduzione sonora risulta molto avvantaggiata, specie se ciascuno dei due altoparlanti è appositamente progettato per il suo compito.

Anche nel caso di impianto sonoro modesto, da abitazione, è opportuno l'uso di due piccoli altoparlanti, di costo relativamente basso, al posto di uno solo, di grande diametro, e di costo più alto. Risulta in pratica che due altoparlanti piccoli riescono ad estendere considerevolmente l'estremo a frequenza bassa, per cui la riproduzione sonora riesce più fedele su una ampia gamma di frequenze. Inoltre i due altoparlanti piccoli possono venir disposti su schermi ad angolo, in modo da migliorare la diffusione dei suoni nell'ambiente.

La divisione della gamma di frequenze sonore in due « bande » viene effettuata con un *filtro divisore*, in modo che a ciascuna « banda » corrisponda il proprio altoparlante. Il punto di sovrapposizione delle due bande è generalmente a 700 o ad 800 cicli/secondo, in modo che l'estensione di ciascuna « banda » sia praticamente la stessa. Se la gamma va, ad es., da 60 a 9000 c/s, si ottiene 700 : 60 = 11,6 per la *banda bassa*, e 9000 : 700 = 12,8 per la *banda alta*.

Il filtro divisore può venir progettato e realizzato senza alcuna difficoltà, come sarà detto in seguito. Nei piccoli impianti basta impedire che le frequenze elevate giungano all'altoparlante a banda bassa, ciò che si può ottenere con un condensatore.

Nei grandi impianti sonori ad alta fedeltà, come ad es. quelli dei cinema-teatro, la riproduzione delle frequenze alte è riservata ad unità pilota accoppiate acusticamente mediante proiettore ad alveare, mentre le frequenze basse sono riprodotte da altoparlante a cono di grande diametro, sistemato in apposita camera acustica.

La tromba a più sezioni, dette « celle », è comunemente usata per la diffusione delle frequenze elevate, insieme ad un'unità pilota, o a più unità pilota. La distribuzione della potenza sonora, ossia il diagramma polare di direzionalità, risulta alquanto migliorata con questo sistema.

CORRISPONDENTE AUMENTO DIAMETRO CONO. — L'uso di due altoparlanti raddoppia l'area di diffusione, ed equivale ad un aumento del 40 % del diametro del cono.

L'altoparlante coassiale bifonico.

L'*altoparlante coassiale*, detto anche *bifonico*, è formato da due unità sonore distinte, una delle quali progettata e costruita per consentire l'ottima riproduzione delle frequenze basse, e l'altra per quella delle frequenze alte. L'idea di costruire un altoparlante unico, in grado di riprodurre tutte le frequenze utili ai fini della buona audizione, è stata abbandonata ormai da tempo. L'altoparlante coassiale, ossia l'altoparlante doppio, corrisponde perfettamente allo scopo. Generalmente viene utilizzato in complessi sonori di piccola e media potenza, specie in radiofonografi ed in impianti per piccole e medie sale. Oltre al vantaggio del minor ingombro rispetto alla utilizzazione di due altoparlanti separati, l'altoparlante coassiale offre anche quello della più uniforme distribuzione dei suoni alle varie frequenze, nella zona da servire.

L'inconveniente presentato dall' altoparlante coassiale è il suo costo; poichè deve venir realizzato con grande perizia tecnica e con molta accuratezza, risulta generalmente più costoso di due altoparlanti separati.

Esistono due grandi categorie di altoparlanti coassiali: *a*) i coassiali a due coni, uno piccolo e l'altro grande, e *b*) i coassiali ad un cono grande per le frequenze basse ed una unità a tromba per le frequenze alte.

Fig. 3.17. - Altoparlante bicono. È provvisto di due coni diffusori, ciascuno con la propria bobina mobile. Il magnete permanente è uno solo (RCA).

L'ALTOPARLANTE COASSIALE BICONO. — I due coni diffusori sono disposti in modo che il grande sia la continuazione del piccolo. In un altoparlante di questa categoria, l'RCA mod. 515/S1, il cono piccolo ha il diametro di 5 centimetri ed il cono grande di 38 centimetri. Vibrano insieme, tanto che intorno ai 2000 c/s, i due coni si comportano come un cono solo. L'estensione della gamma delle audiofrequenze riprodotte è vastissima, va da 35 a 15 000 cicli-secondo.

Un solo magnete provvede ai due traferri anulari; il polo esterno dell'altoparlante piccolo risulta quello interno dell'altoparlante grande. La disposizione è indicata dalla fig. 3.17. L'orlo esterno del cono piccolo è fissato alla parte interna del cono grande, mediante uno spider ondulato. In figura si vedono le due bobine mobili; quella di piccolo diametro fissata al cono piccolo si trova più in alto rispetto l'altra, di diametro maggiore.

Visto esternamente, questo coassiale bicono sembra un altoparlante comune, con bobina mobile di diametro troppo piccolo, ciò per il fatto che si vede solo il polo centrale piccolo, tutto il resto essendo nascosto dal cono minore.

Un condensatore presente nell'altoparlante provvede ad avviare alla bobina mobile piccola soltanto le frequenze elevate, e nello stesso tempo a limitare la potenza applicata. L'induttanza della bobina mobile grande è notevolmente elevata, per cui non è necessario un'induttanza in serie, per limitare la corrente a frequenza alta. La estensione di frequenza sovrapposta si estende per circa due ottave.

Il vantaggio maggiore del coassiale biconico è costituito dall'ottima curva polare di direzionalità; tutte le varie frequenze risultano bene distribuite entro un angolo di 120 gradi.

ALTOPARLANTE COASSIALE A CONO E TROMBA. — È questo uno dei tipi di coassiali più diffusi, specie negli Stati Uniti, dove viene costruito in una notevole varietà di modelli. Il principio è il seguente: nel polo centrale è praticato un foro di diametro sufficiente per lasciar passare la gola della tromba, in modo che tutta l'incastellatura magnetica dell'altoparlante a cono di grande diametro risulta disposta intorno alla gola della tromba collegata all'unità pilota per le frequenze alte.

La tromba è necessariamente di piccole dimensioni, e si estende al centro del cono. In alcuni altoparlanti coassiali di questo tipo, la tromba è del tipo cellulare, ma date le dimensioni limitate, le celle sono generalmente quattro sole.

Come si può osservare nella figura, il diametro della bobina mobile del cono è piuttosto elevato, essendo compreso tra 5 e 6 centimetri. È provvisto del solito spider esterno. Il magnete è del tipo a W, essendo costituito dalla parte cilindrica centrale, al centro della quale passa la gola della tromba per le alte frequenze, e da quattro braccia laterali. Sopra il magnete poggiano le due piastre circolari, tra le quali è presente il traferro in cui vibra la bobina mobile del cono.

L'unità ad alta frequenza si trova dietro il magnete, e costituisce un tutto a parte. È simile alle unità pilota dei soliti altoparlanti a tromba, dalle quali differisce per le dimensioni notevolmente più piccole. Nello spazio compreso ai due lati dell'unità pilota si trovano un condensatore ed una induttanza per il filtro divisore, nonchè una resistenza variabile. Il rendimento dell'altoparlante a tromba per le frequenze alte è notevolmente maggiore di quello dell'altoparlante a cono per le frequenze basse, circa 10 volte maggiore, per cui è necessaria un'attenuazione considerevole, ottenuta appunto con la resistenza variabile di 50 ohm posta in parallelo alla bobina mobile dell'unità pilota.

L'inconveniente dei coassiali di questo tipo è costituito dalla presenza della tromba nel campo di diffusione del cono; una parte delle onde sonore diffuse dal cono raggiunge le pareti della tromba e viene riflessa indietro, creando delle zone di interferenza.

ALTOPARLANTE COASSIALE CONO-TROMBA. — In questo tipo di altoparlante coassiale, la riproduzione delle frequenze basse è affidata ad un cono di grande

diametro provvisto della propria bobina mobile, mentre quella delle frequenze alte è affidata ad un'unità pilota, provvista anch'essa della propria bobina mobile, esattamente come negli altoparlanti a tromba, con la differenza che la tromba non è visibile. Mentre nell'altoparlante del tipo precedente vi è una tromba coassiale con il cono diffusore, in questo tipo di altoparlante è lo stesso cono che funziona, almeno parzialmente, da tromba, ed è perciò opportunamente sagomato, come indica la fig. 3.18.

L'unità pilota per le alte frequenze si trova, come al solito, dietro il magnete dell'altoparlante a cono. Il magnete è forato al centro, ed il foro si allarga dal basso

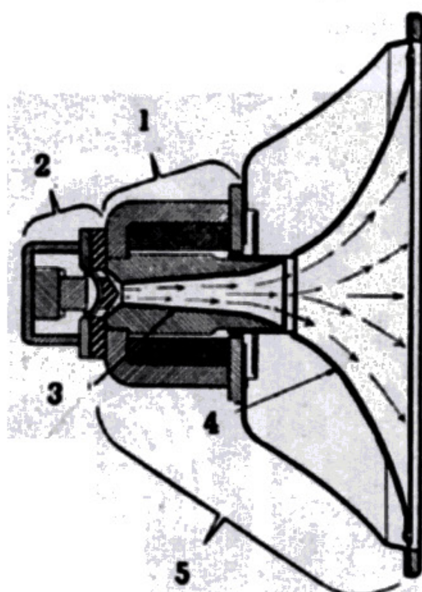


Fig. 3.18. - Altoparlante coassiale a cono-tromba.

1 = motore dell'unità bassa frequenza; 2 = motore dell'unità alta frequenza; 3 = foro e tromba esponenziale nell'interno del magnete dell'unità bassa frequenza; 4 = cono diffusore; 5 = insieme dell'altoparlante a cono, per le basse frequenze.

verso l'alto, esattamente come una tromba. Il cono diffusore è una continuazione di questa tromba, sicchè le due parti, il foro del magnete ed il cono, agiscono come una parte sola, ossia come una tromba per le frequenze alte; in tal modo il cono svolge due funzioni distinte: quella di diffondere le frequenze basse e quella di espandere le frequenze alte.

Questo sistema ha il notevole vantaggio di non ostacolare la diffusione delle onde sonore dal cono. Le onde sonore più corte, a frequenza più alta, tendono a proiettarsi a fascio, direttamente davanti alla tromba presente nell'interno del magnete, senza l'aiuto del cono. Solo le onde sonore a frequenza meno alta, prove-

nienti dall'interno del magnete, trovano nel cono la continuazione della tromba. Non vi è inconveniente per effetto della vibrazione del cono, in quanto vi è notevole differenza tra le sue variazioni d'ampiezza e la lunghezza delle onde sonore che esso convoglia verso l'esterno.

Il responso di frequenza ed il responso polare di questo tipo di altoparlante coassiale sono eccezionalmente buoni; la diffusione della potenza sonora avviene uniformemente nel senso della larghezza ed in quello dell'altezza.

LENTE ACUSTICA PER ALTOPARLANTI. — La *lente acustica* ha lo scopo di impedire che le onde sonore corrispondenti ai toni più alti che l'altoparlante è in grado di riprodurre, abbiano a diffondersi entro uno stretto raggio, ai due lati dell'asse

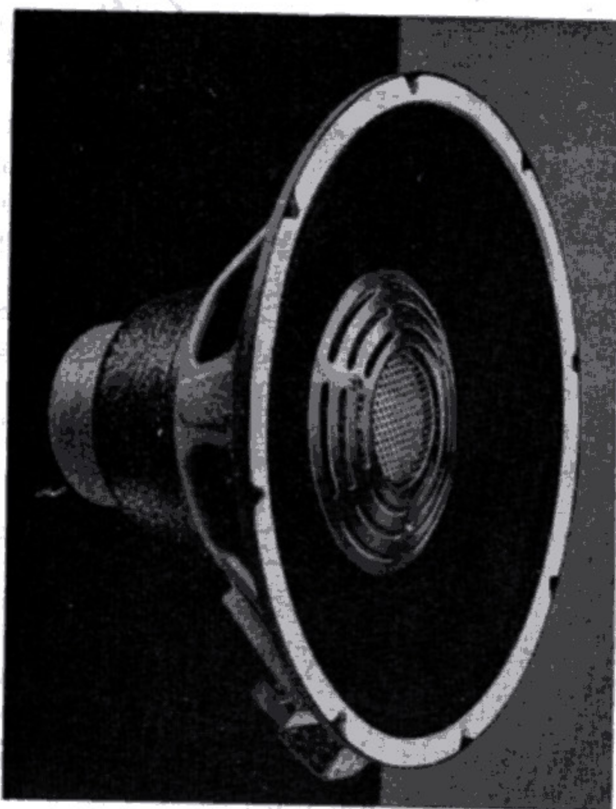


Fig. 3.19. - Lente acustica applicata ad altoparlante coassiale per migliorare la distribuzione spaziale delle varie frequenze.

dell'altoparlante, ossia al centro del cono. Quando ciò avviene, i toni più alti rendono sgradevole l'audizione a chi si trova esattamente davanti all'altoparlante, data la loro eccedenza sugli altri, mentre non raggiungono coloro che si trovano ai lati.

La lente acustica viene applicata agli altoparlanti, e consiste in un particolare diffusore metallico, di forma rotonda, da 6 a 10 cm di diametro, con numerosi intagli e con al centro una reticella pure metallica o di nylon, utile sia per allargare il raggio delle onde sonore più corte che per proteggere la bobina mobile sottostante. La fig. 3.19 illustra un esempio di lente acustica applicata ad un altoparlante coassiale del tipo cono-tromba, di cui la fig. 3.18.

L'altoparlante biassiale.

Negli impianti ad alta fedeltà è spesso impiegato l'altoparlante biassiale, detto anche *altoparlante bifonico*, costituito da due unità sonore completamente separate, ma poste una di seguito all'altra lungo lo stesso asse. Sono due altoparlanti, uno per le frequenze medie e basse e l'altro per le frequenze alte, uniti insieme.

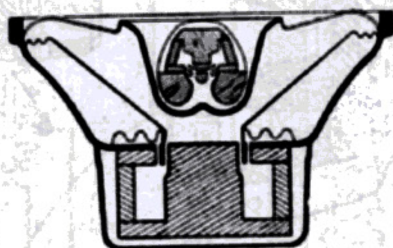


Fig. 3.20. - Principio dell'altoparlante biassiale o bifonico.

Un esempio di altoparlante biassiale è quello di fig. 3.20.

Gli altoparlanti di questo tipo consentono riproduzioni di frequenze entro una gamma molto estesa. Presentano l'inconveniente del costo piuttosto elevato.

L'altoparlante triassiale o trifonico.

L'altoparlante a tre unità sonore indipendenti, ciascuna provvista della propria bobina mobile e del proprio magnete, disposte una di seguito all'altra, sullo stesso asse, è detto *altoparlante triassiale* o anche *altoparlante trifonico*. È in grado di riprodurre una gamma estesissima di audiofrequenze, da 35 a 20 000 cicli/secondo, con distribuzione spaziale notevolmente uniforme ai vari angoli dall'asse di propagazione. È utile ove sia necessaria l'accurata riproduzione di effetti sonori, di rumori, dei suoni prodotti dagli strumenti a percussione, ecc., ossia in complessi elettroacustici eccezionalmente fedeli.

La fig. 3.21 illustra in sezione le varie parti componenti un altoparlante triassiale, il Jensen mod. G-610, di produzione americana. Vi è un'unità di frequenza me-

dia, un'unità a frequenza bassa ed un'unità a frequenza alta. Sono disposte nell'ordine indicato. L'unità a frequenza media e l'unità a frequenza elevata sono del tipo a compressione, quindi provviste di tromba; l'unità a frequenza bassa è del tipo a radiatore diretto, ossia a cono.

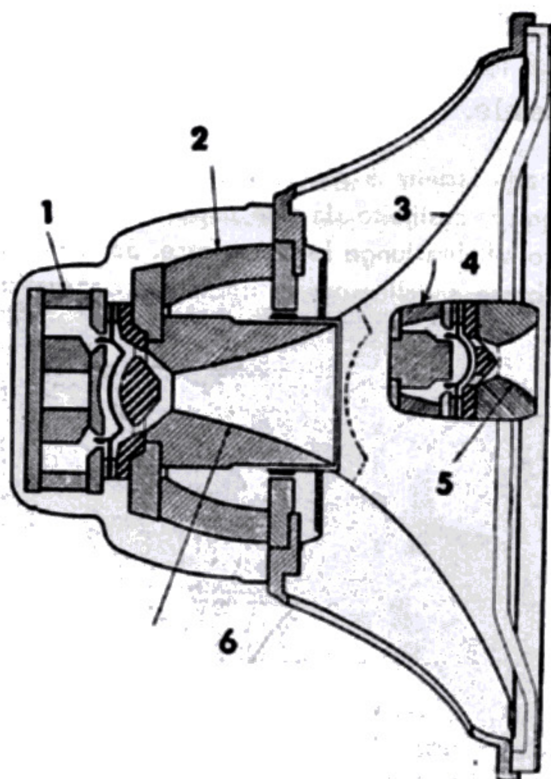


Fig. 3.21. - Principio dell'altoparlante triassiale.

1 = unità a compressione per frequenze medie; 2 = motore dell'altoparlante a cono per basse frequenze; 3 = cono diffusore per basse frequenze; 4 = unità per alte frequenze; 5 = tromba per alte frequenze; 6 = foro nel magnete dell'altoparlante a cono, usato quale tromba per l'unità retrostante.

L'altoparlante elettrostatico.

L'altoparlante elettrostatico è utilizzato esclusivamente come ausiliario, insieme ad uno o più altoparlanti magnetodinamici, in quanto consente la sola riproduzione delle frequenze musicali elevate, da 7000 cicli al secondo sino al limite di udibilità, ossia sino a 20 mila cicli al secondo. Questo tipo di altoparlante è di piccole dimensioni, di semplice costruzione, di costo moderato, bene adatto per impianti ad alta fedeltà, per completare la gamma delle audiofrequenze riprodotte. Presenta però l'inconveniente di richiedere una tensione positiva di polarizzazione, di circa 300 volt, senza la quale non può funzionare. La tensione di polarizzazione sostituisce il campo magnetico prodotto dal magnete degli altoparlanti magnetodinamici.

vibrare di fronte alla prima. Nella figura le parti del condensatore sono tre, due esterne forate, e una interna non forata. Le due parti esterne forate costituiscono una delle armature del condensatore, e sono collegate, tramite il secondario del trasformatore d'uscita, alla tensione positiva di alimentazione. La parte interna, non forata, è collegata alla tensione negativa dell'alimentatore.

L'altoparlante elettrostatico funziona sul principio del condensatore, ed è perciò anche denominato *altoparlante a condensatore*.

Il principio di funzionamento è illustrato dalla fig. 3.22. L'altoparlante consiste di due armature di un condensatore, una delle quali è fissa, mentre l'altra può

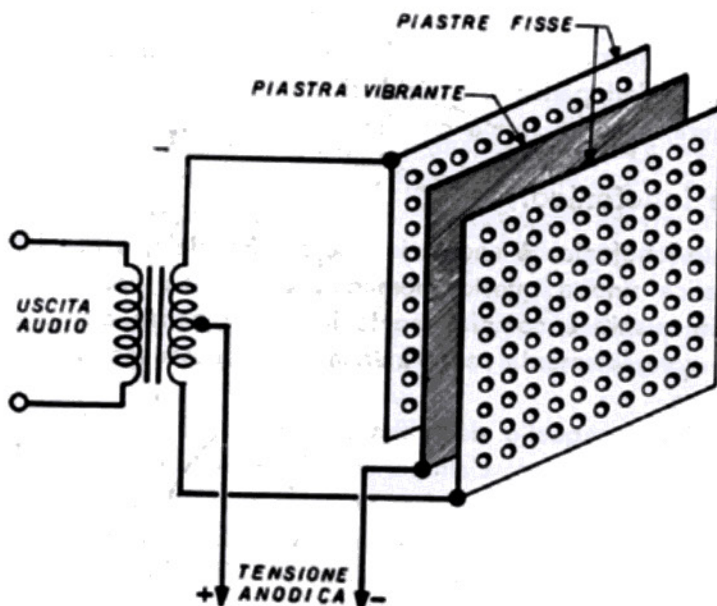


Fig. 3.22. - Principio dell'altoparlante elettrostatico.

In assenza di modulazione, l'armatura vibrante si trova al centro tra le due parti esterne dell'altra armatura, equidistante tra di esse. Non appena è presente la modulazione, le due parti dell'armatura esterna subiscono una variazione di tensione; una di esse subisce un aumento, l'altra una diminuizione, in quanto sono collegate in controfase. La lamina centrale, vibrante, deve piegarsi verso la parte esterna che ha subito un aumento di tensione, e che perciò la attira più fortemente. Non appena è presente l'altra semionda della tensione audio, avviene l'inverso, e la lamina vibrante centrale si sposta verso l'altra parte esterna. In tal modo la lamina centrale segue fedelmente le variazioni della tensione audio, ossia della modulazione, e riproduce i suoni e le voci, i quali si propagano all'esterno attraverso i fori delle lamine esterne fisse.

La lamina vibrante centrale è estremamente sottile. Consiste di un foglio di stiroflex di due centesimi di millimetro, sopra il quale è depositato uno strato di oro

dello spessore di un decimo di millesimo di millimetro. È questo sottilissimo strato d'oro che agisce da membrana metallica vibrante.

Poichè la membrana metallica d'oro e quella isolante che ne costituisce il supporto sono estremamente sottili, è facile che possano deteriorarsi. L'altoparlante elettrostatico potrebbe, teoricamente, seguire tutte le audiofrequenze, comprese le più basse, ma poichè alle frequenze più basse corrispondono ampiezze di vibrazioni assai elevate, tali ampiezze determinerebbero l'immediata rottura della membrana vibrante. L'altoparlante elettrostatico può riprodurre, senza danno, frequenze oltre i 7000 c/s, poichè esse determinano solo limitatissime ampiezze di vibrazione, adatte per la sottilissima membrana vibrante.

L'altoparlante elettrostatico viene perciò collegato allo stadio d'uscita tramite un filtro capace di eliminare tutte le audiofrequenze inferiori ai 7000 c/s.

Le armature dell'altoparlante, anzichè di forma rettangolare come indicato per semplicità in figura, sono di forma circolare, a disco.

L'altoparlante ionofonico.

L'altoparlante ionofonico è ancora in fase sperimentale, e non ha perciò alcuna applicazione pratica sino a questo momento. Costituisce una notevole possibilità per l'avvenire, in quanto è completamente immobile, senza alcuna parte in movimento, quindi è completamente senza inerzia, cosa questa molto importante per un trasduttore acustico.

Il principio fisico è quello dell'effluvio elettrico da parte delle punte, e del conseguente « vento » elettrico. L'altoparlante ionofonico consiste semplicemente di una punta posta all'inizio di una tromba; presenta però l'inconveniente di richiedere un oscillatore a radiofrequenza, per poter funzionare. È polarizzato ad alta frequenza, in quanto l'alta frequenza determina le condizioni di effluvio. La tensione a bassa frequenza modula quella ad alta frequenza, e modula conseguentemente l'effluvio con conseguente riproduzione delle onde sonore.

Poichè però nello stadio ad alta frequenza degli apparecchi radio vi è tensione ad alta frequenza modulata dalla bassa frequenza, l'altoparlante ionofonico può funzionare direttamente con tale alta frequenza modulata, escludendo sia il rivelatore che lo stadio a bassa frequenza. Può darsi che questo nuovo altoparlante trovi applicazione nei ricevitori radio e TV dell'avvenire, modificandoli notevolmente.

CAPITOLO QUARTO

IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE

1. — IL COLLEGAMENTO DELL'ALTOPARLANTE SINGOLO.

Il trasformatore d'uscita.

L'altoparlante è collegato alla valvola finale dell'amplificatore mediante un trasformatore a rapporto discendente, detto *trasformatore d'uscita*. È costituito dal nucleo di ferro e da due avvolgimenti di filo di rame smaltato; uno di essi è formato da molte spire e vien detto *primario*, l'altro è formato da poche spire e vien detto *secondario*. Il primario è inserito nel circuito di placca della valvola finale; il secondario è invece collegato alla bobina mobile dell'altoparlante.

La bobina mobile deve essere leggera e sottile, per potersi muovere entro il sottile traferro del magnete, e non può essere formata che da poche spire di filo di rame

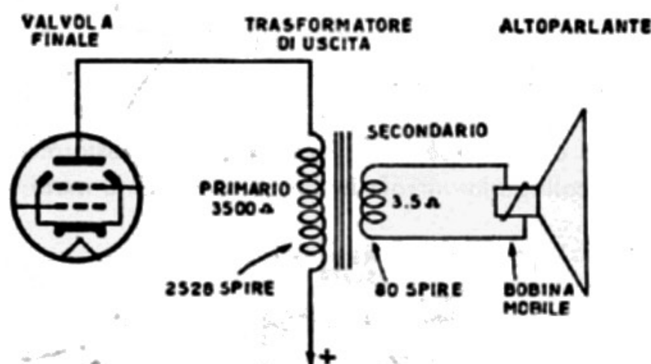


Fig. 4.1. - Esempio di stadio finale.

smaltato; la resistenza che queste spire oppongono alle audiofrequenze è solo di qualche ohm, generalmente da 2 a 3,5 ohm per gli altoparlanti piccoli e da 6 a 20 ohm negli altoparlanti grandi. Vien detta *impedenza della bobina mobile*.

La valvola finale, invece, si comporta come una resistenza di valore elevato, e funziona normalmente solo se nel suo circuito di placca è presente una adeguata *resistenza di carico*, costituita dall'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita.

La resistenza di carico della valvola dipende dal tipo della valvola stessa e dalle sue condizioni di lavoro, ossia dalle tensioni ad essa applicate. È compresa tra 1500 ohm e 18 000 ohm.

Il trasformatore d'uscita ha il compito di trasferire la potenza dell'amplificatore all'altoparlante, ciò che non sarebbe altrimenti possibile data la diversità tra le due resistenze. Se la bobina mobile venisse posta direttamente nel circuito di placca della valvola finale, senza il trasformatore, essa si comporterebbe come una resistenza di pochi ohm posta in serie con altra di migliaia di ohm. Le due resistenze formerebbero un divisore di tensione, e la tensione ai capi della bobina mobile risulterebbe praticamente zero.

Sarebbe possibile eliminare il trasformatore d'uscita elevando l'impedenza della bobina mobile di quanto necessario, circa un migliaio di volte, ma ciò richiederebbe un avvolgimento di moltissime spire, il che la appesantirebbe notevolmente. Un tempo vennero usati, specie in Germania, altoparlanti con bobina mobile ad alta impedenza, di 3500 ohm, per usare i quali non era necessario il trasformatore d'uscita. Il risultato era discreto, ma non buono.

Il carico della valvola finale è costituito dalla bobina mobile dell'altoparlante, anche quando vi è il trasformatore d'uscita, un po' come il carico del motore di una motonave è costituito dall'elica. Il trasformatore d'uscita rappresenta una specie di riduttore di giri; l'elica non può girare alla stessa velocità del motore, poichè deve « applicare » la potenza all'acqua, così come la bobina mobile applica la potenza al cono diffusore e quindi all'aria.

Mentre nel circuito di placca della valvola finale vi è molta tensione e poca corrente, nel circuito della bobina mobile vi è poca tensione ma molta corrente, come necessario.

FORMULE PER LA VALVOLA FINALE.

La fig. 4.2 illustra con un esempio il principio del trasformatore d'uscita, ossia del trasformatore che collega la valvola finale con la bobina mobile dell'altoparlante.

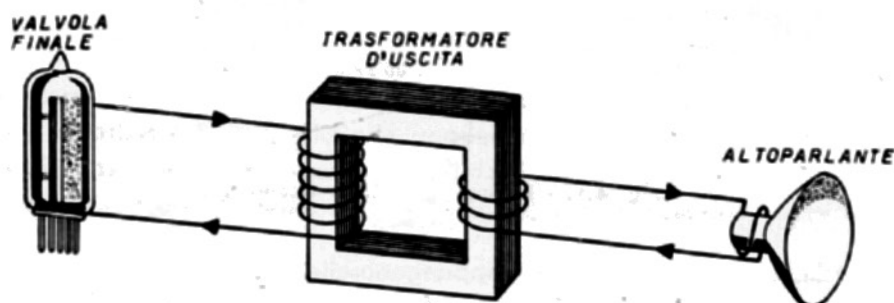


Fig. 4.2. - Principio del trasformatore d'uscita.

Nell'esempio, la resistenza di carico della valvola finale è di 6400 ohm. Si vedrà in seguito come si conosce quale sia il carico della valvola finale in ohm. La potenza d'uscita è di 9 watt.

Nello stesso esempio, la resistenza della bobina mobile (ossia la sua impedenza) è di 16 ohm, in quanto si tratta di un grosso altoparlante da 9 watt.

La tensione di placca della valvola finale è di 240 volt. La corrente anodica della valvola è di 37,5 milliampere. La tensione e la corrente si possono misurare, ma supponiamo di doverle invece calcolare. Il calcolo va fatto tenendo conto che la potenza è di 9 watt e la resistenza di carico è di 6400 ohm.

La formula-base è la seguente:

Potenza in watt = tensione in volt × corrente in ampere.

Ricordando che:

Tensione in volt = corrente in ampere × per resistenza in ohm

Corrente in ampere = tensione in volt : resistenza in ohm

invece di scrivere la formula-base così: $W = EI$, dove W è la potenza in watt, E la tensione in volt e I la corrente in ampere, possiamo scrivere la formula-base in questo modo:

$$W = EI = E \times E : I = E^2 : R.$$

Poichè $W = E^2 : R$, risulta che $WR = E^2$ ossia:

Potenza in watt × resistenza in ohm = (tensione in volt)^2 sicchè:

Tensione in volt = $\sqrt{\text{Potenza in watt} \times \text{resistenza in ohm}}$.

Nell'esempio fatto, la potenza della valvola finale è di 9 watt e la resistenza di carico è di 6400 ohm. Moltiplicando 9 per 6400 si ottiene 57 600. La radice quadrata di 57 600 è 240. La tensione applicata alla valvola è dunque di 240 volt.

La corrente anodica della valvola si ottiene più facilmente, essendo nota la tensione, dato che $I = E : R$. Poichè la tensione è di 240 volt e la resistenza è di 6400 ohm, la corrente è di 240 : 6400 = 0,0375 ampere, ossia 37,5 milliampere.

FORMULE PER LA BOBINA MOBILE DELL'ALTOPARLANTE.

Occorre conoscere quale dovrà essere la tensione in volt da applicare alla bobina mobile, e quale la corrente in ampere, affinchè il trasferimento di potenza di 9 watt risulti esatto. Con questi dati sarà poi facile calcolare il rapporto del trasformatore d'uscita necessario.

Si parte dalla formula-base: $WR = E^2$. Nell'esempio, la potenza è di 9 watt e la resistenza della bobina mobile è di 16 ohm. Il prodotto di 9 per 16 è di 144. La tensione è data dalla radice quadrata di 144, ossia è di 12 volt.

La corrente è data da $I = E : R$, ossia dalla tensione di 12 volt divisa per la resistenza di 16 ohm, per cui è di 12 : 16 = 0,75 ampere.

IL RAPPORTO DELLE IMPEDENZE.

Invece del termine resistenza di carico della valvola, si adopera il termine *impedenza* di carico della valvola, in quanto vi è tensione alternativa ad audiofre-

quenza. Nello stesso modo, invece del termine resistenza della bobina mobile si adopera quello di *impedenza* della bobina mobile.

Per rapporto delle impedenze s'intende il rapporto tra l'impedenza della valvola e quella della bobina mobile. Nell'esempio, l'impedenza della valvola è di 6400 ohm, mentre quella della bobina mobile è di 16 ohm. Il rapporto delle impedenze è dunque di 6400 : 16 = 400.

RAPPORTO DEL TRASFORMATORE D'USCITA.

Il rapporto del trasformatore d'uscita risulta dalla radice quadrata del rapporto delle impedenze. Poichè, nell'esempio, il rapporto delle impedenze è di 400, il rapporto del trasformatore d'uscita dovrà essere di 20, in quanto 20 × 20 = 400, ossia $\sqrt{400} = 20$.

Collegando una valvola finale con impedenza di carico di 6400 ohm con una bobina mobile di 16 ohm, mediante un trasformatore con rapporto 20 a 1, si ottiene l'esatto trasferimento della potenza di 9 watt dalla valvola all'altoparlante.

Senza il trasformatore d'uscita, ossia collegando direttamente la bobina mobile nel circuito della valvola finale, invece di ottenere una potenza di 9 watt dall'altoparlante, si sarebbe ottenuta una potenza di appena 0,04 watt circa. Infatti, la corrente che avrebbe circolato nella bobina mobile sarebbe stata di 37,5 milliampere invece di 750 milliampere. Supponendo, per semplicità, che la corrente fosse di 50 milliampere, la tensione sarebbe stata di

$$E = I \times R = 0{,}05 \text{ ampere} \times 16 \text{ ohm} = 0{,}8 \text{ volt.}$$

Poichè la corrente sarebbe stata di 0,05 ampere e la tensione di 0,8 volt, la potenza in watt sarebbe stata di 0,8 volt × 0,05 ampere = 0,04 watt.

Resistenza di carico delle principali valvole.

Il trasformatore d'uscita deve essere adatto per la valvola finale con la quale deve funzionare. Poichè la resistenza di carico varia a seconda del tipo della valvola, vi è un trasformatore d'uscita per ciascun tipo di valvola finale, o meglio per ciascun gruppo di valvole finali richiedenti la stessa resistenza di carico.

VALVOLE DI TIPO AMERICANO:

La miniatura finale **50B5** e la **25L6 GT** richiedono entrambe il carico anodico di 2500 ohm, funzionando a 110 volt di placca e di schermo.

La **50L6** richiede 2000 ohm di carico anodico con 110 volt di placca e di schermo, e 3000 ohm se viene fatta funzionare con 200 volt di placca e 110 volt di schermo.

La **6L6** richiede 2500 ohm di carico anodico se funzionante con 250 volt di placca e di schermo, e — 14 volt di polarizzazione di griglia; richiede invece 4200 ohm se funzionante con 350 volt di placca, 250 volt di schermo e — 18 volt di griglia.

La **6AQ5** e la **6V6** richiedono 5500 ohm se funzionanti con 180 volt di placca e di schermo, richiedono 5000 ohm con 250 volt di placca e di schermo, e 8500 ohm con 315 volt di placca e 225 volt di schermo.

La **6F6** richiede 7000 ohm, la **6K6** richiede 12 000 ohm di carico se funzionante con 100 volt di placca e di schermo, e 7600 ohm se funzionante con 250 volt di placca e di schermo.

Infine i vecchi triodi del tipo 45, 50, 2A3 ecc, richiedono 3500 ohm di carico, ed i vecchi pentodi del tipo 47, 2A5, 41, 42 ecc. ne richiedono 7000 ohm di carico.

VALVOLE DI TIPO EUROPEO:

Con tensioni normali di placca, schermo e griglia, le seguenti valvole finali di tipo europeo richiedono il carico anodico di:

EL 3	**7000 ohm**	**EL 41**	**7000 ohm**
EL 6	**3500 ohm**	**EL 84**	**8000 ohm**
EL 11	**7000 ohm**	**EL 86**	**6500 ohm**
EL 33	**7000 ohm**	**EL 91**	**24000 ohm**
EL 34	**2550 ohm**	**EL 95**	**10000 ohm**

Il carico di 2550 ohm della EL34 s'intende con 250 volt di placca, 270 volt di schermo e 12,4 volt di catodo. Con due EL41 in controfase, l'impedenza primaria deve essere di 9000 ohm.

Determinazione del rapporto spire.

$$\text{Rapporto del trasformatore d'uscita} = \sqrt{\frac{\text{impedenza di carico della valvola}}{\text{Impedenza della bobina mobile}}}$$

Se, ad es. si tratta di accoppiare un altoparlante con bobina mobile da 3,5 ohm con una valvola finale 50L6, la cui impedenza di carico è di 2000 ohm, è necessario che il rapporto del trasformatore d'uscita sia di 24 a 1; infatti:

$$\sqrt{\frac{2000}{3{,}5}} = \sqrt{570} = 24$$

Se l'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita è di 4800 spire, quello del secondario dovrà essere di 4800 : 24 = 200 spire, affinchè il rapporto risulti di 24 a 1, come necessario.

La formula indicata risulta dal fatto che per i trasformatori in generale, le impedenze sono proporzionali al quadrato delle spire, ossia:

$$\frac{(\text{Numero spire primario})^2}{(\text{Numero spire secondario})^2} = \frac{\text{Impedenza primario}}{\text{Impedenza secondario}}$$

Nel caso di un trasformatore con rapporto 20 a 1, con impedenza secondario

di 3,5 ohm, l'impedenza primario risulta come segue:

$$\frac{20^2}{1} = \frac{\text{Impedenza primario}}{3,5}$$

poichè $20^2 : 1 = 400$, l'impedenza del primario è di $400 \times 3,5 = 1400$ ohm.

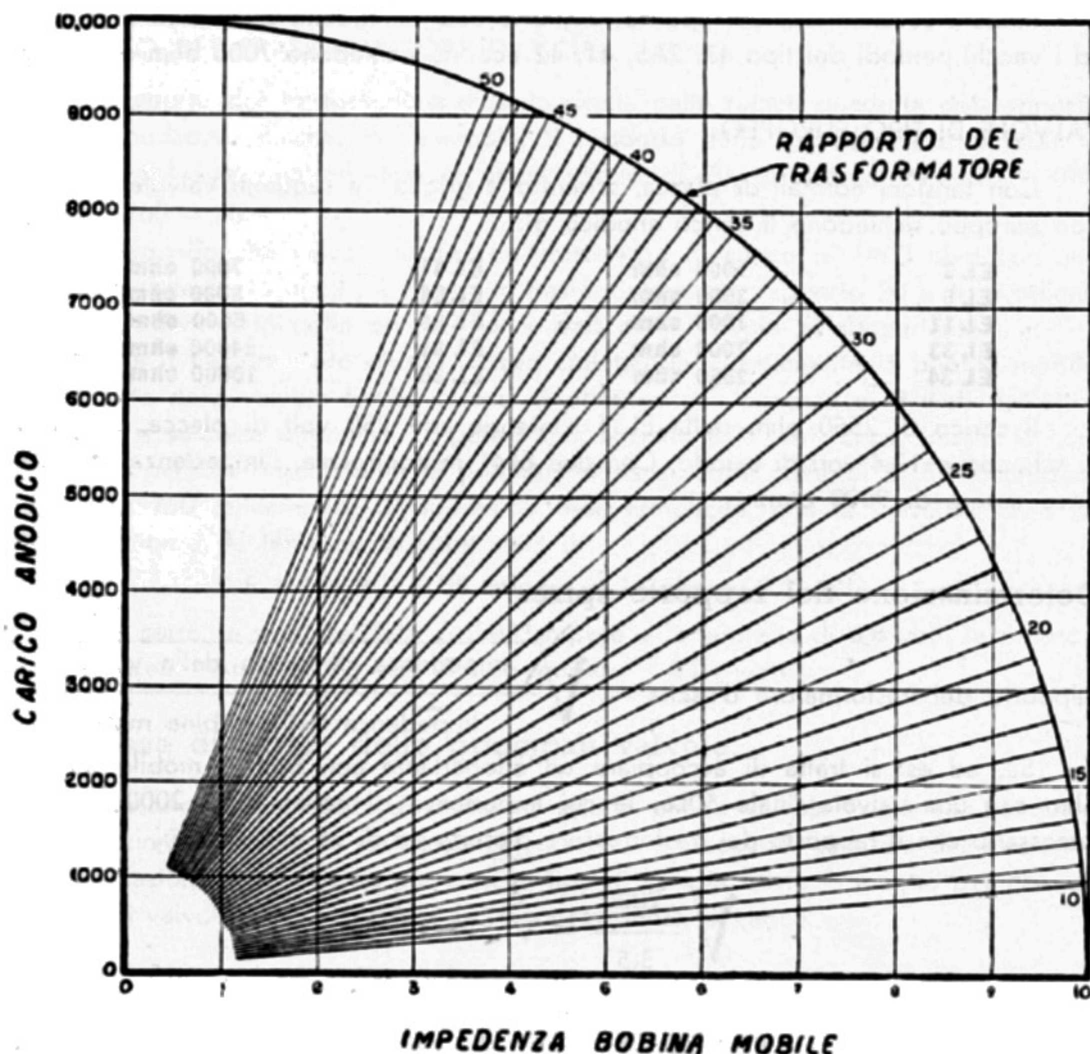


Fig. 4.3A. - Nomogramma per la determinazione del rapporto del trasformatore di uscita. (Vedi testo).

Quanto sopra equivale a dire che le spire sono proporzionali alla radice quadrata del rapporto delle impedenze, ossia che:

$$\frac{\text{Numero spire primario}}{\text{Numero spire secondario}} = \sqrt{\frac{\text{Impedenza primario}}{\text{Impedenza secondario}}}$$

poichè l'impedenza primaria è costituita dalla resistenza ottima di carico della valvola finale, e l'impedenza secondaria da quella della bobina mobile dell'altoparlante, risulta la formula generale indicata all'inizio per trovare il rapporto del trasformatore d'uscita.

Il grafico di fig. 4.3 A consente la rapida determinazione del rapporto del trasformatore d'uscita necessario per accoppiare qualsiasi altoparlante con bobina mobile sino a 10 ohm con qualsiasi valvola finale, della quale sia nota la resistenza ottima di carico. Nel caso dell'esempio fatto all'inizio, di altoparlante con bobina mobile da 3,5 ohm da accoppiare con valvola richiedente la resistenza di carico di 2000, basta trovare il punto di intersecazione tra 3,5 e 2000, e quindi seguire la linea inclinata, la quale porta all'arco di cerchio sul quale sono segnati i valori dei rapporti del trasformatore, in questo caso 24.

L'uso del grafico risulta di utilità pratica, poichè uno stesso trasformatore d'uscita può servire per diversi accoppiamenti, ad es. il trasformatore rapporto 24 a 1 può servire oltre che per accoppiare la bobina mobile di 3,5 ohm con la valvola 50L6, anche per accoppiare un altoparlante con bobina mobile di 6 ohm con una valvola EL6, richiedente il carico di 3500 ohm, oppure un altoparlante di 9,5 ohm con valvola 6AQ5 richiedente 5500 ohm di carico. Basta percorrere una data linea inclinata, quella corrispondente al trasformatore d'uscita disponibile, per constatare tutte le possibili applicazioni dello stesso.

Nello stesso modo si può trovare facilmente il numero di spire che occorre abbia il secondario di un dato trasformatore d'uscita per una data applicazione. Le spire del secondario sono avvolte all'esterno, per cui è facile togliere alcune di esse qualora sia necessario aumentare il rapporto del trasformatore, per es. da 24 a 28 o a 30, e non è difficile aggiungerne alcune qualora sia necessario diminuire il rapporto, da 24 a 20 o a 18. È anche possibile, con un mezzo così semplice, determinare il numero di spire alle varie prese di un trasformatore d'uscita destinato ad accoppiare più altoparlanti allo stesso amplificatore.

Qualora non sia noto il rapporto del trasformatore d'uscita a disposizione, lo si può conoscere applicando al primario una tensione alternativa e misurando quella che si determina ai capi del secondario. La misura può venir fatta con un voltmetro con elemento rettificatore; poichè il numero delle spire di ciascun avvolgimento è proporzionale alla tensione ai suoi capi, è facile conoscere il rapporto spire essendo quello stesso del rapporto tensioni, con buona approssimazione.

Esempi di trasformazione d'uscita.

ESEMPIO A. — Un altoparlante con bobina mobile a 7 ohm d'impedenza deve venir collegato ad un amplificatore da 10 watt, con valvola finale EL34, funzionante con 250 V di placca e 270 V di schermo. A tali condizioni di funzionamento, il carico esterno della EL34 deve essere di 2500 ohm.

Il rapporto impedenza del trasformatore d'uscita è di $2500 : 7 = 357$. Il rapporto spire è di $\sqrt{357} = 18{,}9$; il rapporto del trasformatore è dunque di 18,9 a 1.

Il primario del trasformatore dovrà essere di 2500 spire, filo smaltato da 0,22 mm; la sezione del nucleo di ferro dovrà essere di 10 cm^2, il traferro di 0,2 mm.

Il secondario del trasformatore dovrà essere di 132 spire, filo rame smaltato da 1 mm. L'efficienza del trasformatore sarà compresa tra il 75 e l'80 %.

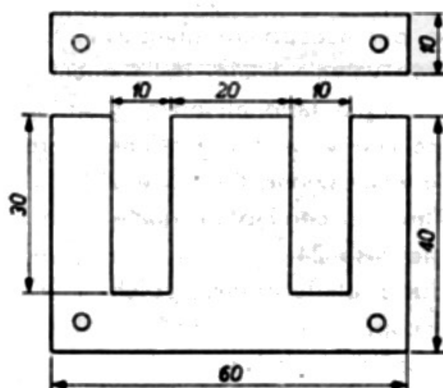


Fig. 4.3B. - Dimensioni dei lamierini del trasformatore di uscita per valvola ECL 80.

ESEMPIO B. — La valvola triodo-pentodo ECL80 richiede uno dei carichi anodici più alti, quello di 11 000 ohm. Il triodo funziona da amplificatore di tensione ad audiofrequenza, ed il pentodo da finale di potenza. La potenza d'uscita è di appena 1 watt, essendo la valvola adatta per apparecchi di televisione, parte audio. Il rapporto impedenza è di 11 000 : 5 = 2200, supponendo che la bobina mobile dell'altoparlante sia di 5 ohm.

Il rapporto spire risulta da $\sqrt{2200} = 47$, dunque è di 47 a 1. L'impedenza di 11 000 ohm si ottiene con 3500 spire, utilizzando filo da 0,12 mm, rame smaltato, avvolto su nucleo di ferro di 20 mm di spessore, e con le dimensioni di fig. 4.3 B. Le spire secondarie sono perciò 3500 : 47 = 74 circa, filo 0,6 rame smaltato.

Il nucleo è costituito da un pacchetto di lamierini sagomati da 0,5 mm ciascuno. Il traferro è costituito da un foglio di carta dello spessore di 30 micron.

Esempi pratici.

CALCOLO DELLA POTENZA D'USCITA. — La potenza d'uscita dell'amplificatore è data dalla tensione d'uscita al quadrato divisa per il carico, oppure dalla corrente d'uscita al quadrato moltiplicata per il carico. Se l'impedenza della bobina mobile (il carico) è di 20 ohm, e se la tensione ai suoi capi è di 24,5 volt, ed è percorsa da corrente di 1,22 ampere, la potenza dell'amplificatore a cui essa è collegata è data da:

$P = E^2/R \qquad E = 24{,}5 \qquad R = 20 \qquad P = 600 : 20 = 30$ watt

$P = I^2/ \times R \qquad I = 1{,}22 \qquad R = 20 \qquad P = 1{,}49 \times 20 = 30$ watt

IMPEDENZA DEL SECONDARIO. — È data dalla tensione d'uscita al quadrato divisa per la potenza d'uscita, oppure dalla potenza d'uscita divisa per la corrente al

quadrato. Se la potenza è di 30 watt, la tensione d'uscita di 122,5 volt e la corrente di 0,245 ampere, l'impedenza del secondario del trasformatore d'uscita è di:

$Z_s = E^2/P \quad E = 122{,}5 \quad P = 30 \quad Z_s = 15\,000 : 30 = 500$ ohm
$Z_s = P/I^2 \quad I = 0{,}245 \quad P = 30 \quad Z_s = 30 : 0{,}06 \quad = 500$ ohm

SPIRE AVVOLGIMENTO PRIMARIO. — Risulta dal rapporto del trasformatore. Se il secondario è costituito da 50 spire e se il trasformatore è adatto per valvola 6AQ5, qualora la bobina mobile dell'altoparlante sia di 3,5 ohm, sarà:

Rapporto impedenze = 5000 : 3,5 = 1427
Rapporto trasformatore = $\sqrt{1427}$ = 37,5 a 1

5000 è la resistenza di carico richiesta dalla 6AQ5. Visto che le spire del secondario sono 50, quelle del primario sono 50 × 37,5 = 1875 spire.

IMPEDENZA DEL PRIMARIO. — Elevare al quadrato il rapporto del trasformatore e moltiplicare il risultato per l'impedenza secondaria. Se il rapporto del trasformatore è di 20 a 1, l'impedenza secondaria è di 6 ohm, quale è l'impedenza primaria?

Impedenza primaria = Impedenza secondaria ×
× Rapporto del trasformatore al quadrato = $20^2 \times 6 = 400 \times 6 = 2400$ ohm.

TENSIONE AI CAPI DELLA BOBINA MOBILE. — È data da $E = \sqrt{P \times R}$. Se l'amplificatore è da 15 watt e la bobina mobile è da 10 ohm, la tensione ai suoi capi, in corrispondenza della potenza massima, è di

$$E = \sqrt{P \times R} = \sqrt{10 \times 15} = 12{,}25 \text{ volt.}$$

S'intende che non vi sono altri altoparlanti collegati allo stesso amplificatore, diversamente occorre tener conto della potenza assorbita dalla bobina mobile che interessa.

TRASFORMATORI D'USCITA IN SERIE. — Come si comportano due trasformatori d'uscita collegati in serie, i due primari in serie nel circuito anodico ed i due secondari in serie collegati ai capi della bobina mobile? — Il rapporto impedenze non varia, quindi non varia neppure il rapporto di trasformazione; varia il valore dell'impedenza primaria complessiva, e quello dell'impedenza secondaria. Due trasformatori d'uscita con impedenza primaria di 3500 ohm, posti in serie, si comportano come uno solo con impedenza primaria di 7000 ohm.

Potenza trasferita all'altoparlante.

È possibile calcolare quale parte della potenza totale disponibile all'uscita dell'amplificatore venga effettivamente trasferita all'altoparlante. A tale scopo occorre conoscere la *resistenza riflessa del secondario* e la *resistenza riflessa della bobina*

mobile. La resistenza riflessa del secondario è data dal valore ohmico di tale resistenza moltiplicato per il rapporto di trasformazione al quadrato; lo stesso per la resistenza riflessa della bobina mobile.

La formula per determinare la potenza trasferita all'altoparlante è la seguente:

$$\text{Potenza trasferita all'altoparlante} = \text{Potenza dell'amplificatore} \times \frac{R_{rbm}}{R_p + R_{rs} + R_{rbm}}$$

in cui R_{rbm} è la resistenza riflessa della bobina mobile, R_{rs} quella riflessa del secondario e R_p la resistenza del primario.

Se, ad esempio, la potenza dell'amplificatore è di 6 watt, l'impedenza della bobina mobile di 3,5 ohm, la resistenza c. c. del primario di 300 ohm e quella del secondario di 1 ohm, ed il rapporto di trasformazione è 24, risulta:

$$\text{Resistenza riflessa del secondario} = \text{Rapporto trasform.}^2 \times \text{Resist. secondario}$$

$$24^2 \times 1 = 576 \text{ ohm}$$

$$\text{Resist. riflessa della bob. mobile} = \text{Rapporto trasform.}^2 \times \text{Impedenza bobina mobile}$$

$$24^2 \times 3{,}5 = 576 \times 3{,}5 = 2016 \text{ ohm}$$

per cui:

$$\text{Potenza trasferita all'altoparlante} = 6 \times \frac{2016}{300 + 576 + 2016} = 6 \times 0{,}697 = 4{,}18 \text{ watt.}$$

L'efficienza del trasferimento di potenza risulta essere:

$$\frac{\text{Potenza trasferita all'altoparlante}}{\text{Potenza dell'amplificatore}} = \frac{4{,}18}{6} = 0{,}696 = 69{,}6\ \%$$

Fattori determinanti la qualità del trasformatore d'uscita.

Il trasformatore d'uscita è la parte componente più importante dell'amplificatore, poichè è il trasformatore d'uscita che trasferisce l'audiofrequenza all'altoparlante, e solo se tale trasferimento avviene in modo perfetto, l'altoparlante può riprodurre i suoni corrispondenti. Non è necessario un trasformatore d'uscita di alta qualità, e quindi di alto costo, quando l'amplificatore e l'altoparlante sono di qualità mediocre, ma non è neppure possibile usare un trasformatore d'uscita di qualità mediocre quando l'amplificatore e l'altoparlante sono di alta classe.

I fattori che determinano la qualità di un trasformatore d'uscita sono i seguenti:

A) *Autoinduttanza dell'avvolgimento primario*. Solo se è sufficientemente elevata, il trasformatore può trasferire le frequenze più basse, diversamente tali frequenze vengono eliminate.

B) *Capacitanza distribuita del primario*. La capacità tra le spire del primario deve essere bassa, poichè si trova in parallelo con l'induttanza del primario, e forma

con esso un circuito accordato, la cui frequenza non deve cadere entro la gamma delle audiofrequenze.

C) *Efficienza.* Il rendimento del trasformatore non deve essere troppo basso, diversamente solo una parte modesta della potenza dell'amplificatore viene trasferita all'altoparlante. L'efficienza è normale per i trasformatori d'uscita di piccola potenza; quindi è compresa tra il 75 e l'80 %.

D) *Capacitanza tra gli avvolgimenti.* Deve essere quanto minore è possibile, dividendo gli avvolgimenti e scegliendo l'adatta posizione tra di loro, oppure impiegando schermi tra di essi.

Calcolo del trasformatore di uscita.

Il trasformatore di uscita per una data valvola finale e per un dato altoparlante, può venir costruito calcolando:

a) l'induttanza dell'avvolgimento primario;

b) le dimensioni del nucleo di ferro;

c) lo spessore del traferro;

d) il numero di spire dell'avvolgimento primario;

e) il rapporto di trasformazione;

f) il numero delle spire dell'avvolgimento secondario;

g) spessore del filo per i due avvolgimenti.

Per poter effettuare il calcolo sono necessari i seguenti dati:

a) impedenza del carico anodico (Z_a);

b) resistenza interna della valvola (R_i);

c) corrente anodica della valvola (I_p);

d) potenza dello stadio finale (P_u);

e) impedenza della bobina mobile (Z_{bm});

f) frequenza più bassa da riprodurre (f).

Per determinare l'induttanza dell'avvolgimento primario è anzitutto necessario calcolare il valore corrispondente al rapporto seguente:

$$\frac{R_i}{Z_a}.$$

Conosciuto tale valore, è necessario stabilire quale debba essere l'amplificazione richiesta alle più basse frequenze da riprodurre. In genere tale amplificazione è del 70 per cento. Ciò significa, in altri termini, che se la più bassa frequenza riproducibile è di 50 cicli, tale frequenza viene riprodotta con una attenuazione del 30 per cento, rispetto al tratto lineare della caratteristica.

Il valore dell'induttanza dell'avvolgimento primario risulta indirettamente dal

grafico di fig. 4.4. Occorre riferirsi a quella curva del grafico corrispondente al valore ottenuto dalla formula precedente; tale valore può essere compreso tra 0,1 e 10. Sull'ordinata va cercato il valore corrispondente all'amplificazione delle frequenze più basse; raggiungendo con una retta la curva corrispondente e discendendo da questo punto sull'oscillatore, si trova un valore corrispondente alla formula seguente:

$$k = \frac{2\pi f L_p}{Z_a}.$$

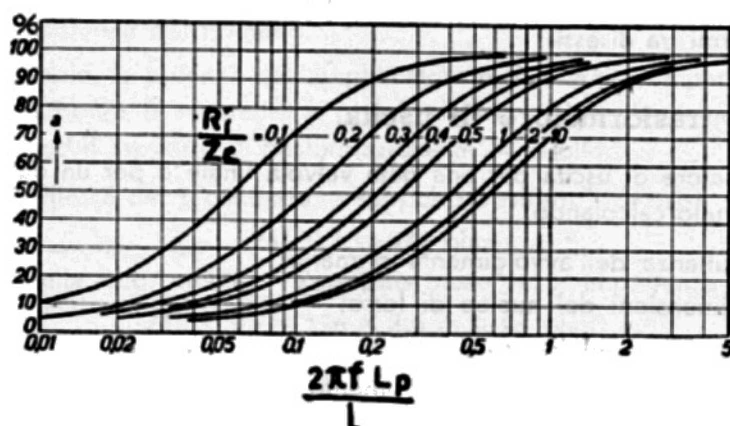


Fig. 4.4.

Essendo noti Z_a e $2\pi f$ L_p, l'induttanza primaria L_p risulta da:

$$L_p = k \frac{Z_a}{2\pi f}.$$

Le dimensioni del nucleo di ferro vanno calcolate con la formula empirica seguente:

$$S = 10 \sqrt{\frac{2 P_u}{f}}$$

in cui S è la sezione netta in cm² della colonna centrale del nucleo.

Per calcolare lo spessore del traferro, il quale consente di ottenere il massimo valore di induttanza primaria in presenza della corrente continua di alimentazione anodica, è necessario anzitutto conoscere il valore di $\frac{L_p I_p^2}{v}$ dove v rappresenta il volume netto del pacchetto di lamierini, ossia dell'effettivo ferro escluse le finestre.

Tale valore compreso tra 0 e 0,0001 va cercato sull'ordinata di fig. 4.5. Dal punto trovato va raggiunta la curva sulla quale si trova un nuovo valore, quello di α. Esso consente di trovare lo spessore del traferro con la formula:

$$l_t = \alpha \, l_f$$

in cui l_f è la lunghezza del circuito magnetico in cm; tale circuito è costituito dal percorso medio intorno ad una sola finestra.

Il numero di spire dell'avvolgimento primario risulta dallo stesso grafico di fig. 4.5; occorre scendere dal punto trovato sulla curva dell'ascissa sottostante dove si trova il valore del campo magnetico $\frac{I_p N_p}{l}$ ossia le ampere-spire per centimetro.

Moltiplicando tale valore per la lunghezza del circuito magnetico e dividendo

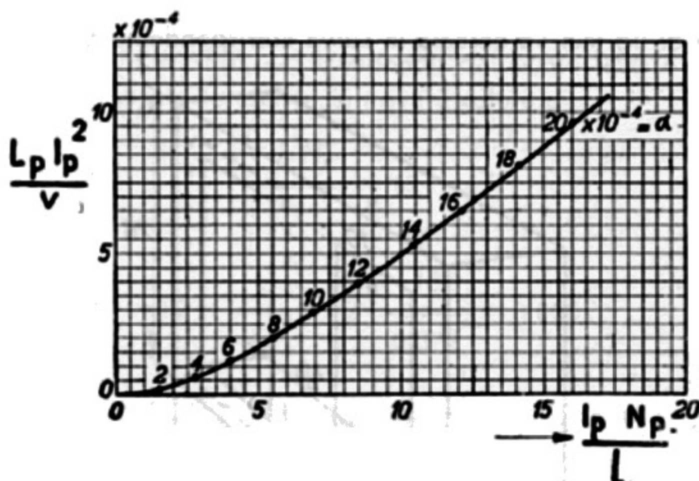


Fig. 4.5.

il risultato per l'intensità di corrente anodica in ampere si ottiene il numero delle spire dell'avvolgimento primario.

Il rapporto di trasformazione è dato da:

$$n = \sqrt{\frac{Z_e}{Z_{bm}}}$$

Lo spessore del filo dell'avvolgimento primario risulta dalla formula $1{,}2\sqrt{I_p}$; mentre quello dell'avvolgimento secondario risulta da:

$$\sqrt{n \times \text{spessore del filo primario.}}$$

ESEMPIO DI CALCOLO NUMERICO DI TRASFORMATORE DI USCITA.

Qualora le caratteristiche della valvola finale fossero le seguenti:

impedenza di carico $Z_e = 3\,500\ \Omega$,
resistenza interna $R_i = 33\,000\ \Omega$,
corrente anodica $I_a = 72$ mA,
potenza di uscita $P_u = 6$ W,

e qualora l'impedenza della bobina mobile dell'altoparlante fosse di 7 ohm, la più

bassa frequenza da riprodurre di 50 cicli, corrispondente al limite di amplificazione del 70 per cento della media, il trasformatore di uscita necessario può venir calcolato come segue.

INDUTTANZA DELL'AVVOLGIMENTO PRIMARIO. — Si trova il rapporto:

$$\frac{R_i}{Z_e} = \frac{33\,000}{3\,500} = 9{,}4.$$

Sul grafico di fig. 4.4 va cercata la curva corrispondente al valore di 9,4, quindi

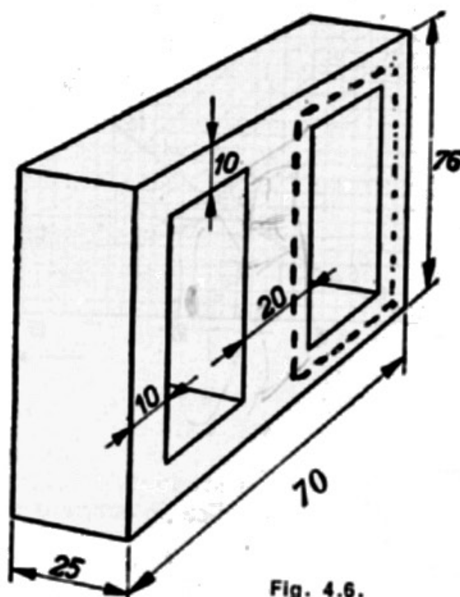


Fig. 4.6.

va cercato sull'ordinata il valore corrispondente a 70 per cento e da questo punto va raggiunta la curva dalla quale si scende sull'ascissa, dove si trova il valore 1. Tale valore è quello del rapporto $k = \frac{2\pi f L_p}{Z_e}$.

Da tale rapporto va dedotta l'induttanza mediante la formula:

$$L_p = k \frac{Z_e}{2\pi f} = 1 \cdot \frac{3\,500}{2\pi \cdot 50} = 11 \text{ henry}.$$

DIMENSIONI DEL NUCLEO. — Le dimensioni nette del nucleo centrale del pacchetto di lamierini risultano da:

$$10\sqrt{\frac{2\,P_u}{f}} = 10\sqrt{\frac{2 \cdot 6}{50}} \approx 5 \text{ cm}^2.$$

SPESSORE DEL TRAFERRO. — Va ricavato dal valore:

$$\frac{L_p I_p^2}{v} = \frac{11 \cdot 0{,}072^2}{91} = 0{,}00063.$$

Sull'ordinata del grafico di fig. 4.5 va cercato il valore di 0,00063 e da esso va raggiunta la curva nel punto $\alpha = 0{,}0016$. Lo spessore del traferro risulta da:

$$l_t = 0{,}0016 \times 18 = 0{,}029 \text{ cm} \approx 0{,}3 \text{ mm}.$$

NUMERO DI SPIRE PRIMARIE. — Scendendo dal punto 0,0016 della curva del grafico di fig. 4.5, sulla sottostante ascissa, si trova il valore di:

$$\frac{I_p N_p}{l} = 12$$

da cui:

$$N_p = 12 \times \frac{l}{I_p} = 12 \cdot \frac{18}{0{,}072} = 3\,000.$$

NUMERO DI SPIRE SECONDARIE. — Il rapporto di trasformazione è di:

$$n = \sqrt{\frac{Z_a}{Z_{bm}}} = \sqrt{\frac{3\,500}{7}} = 21{,}7$$

per cui il numero di spire secondarie è di:

$$N_s = N_p : 21{,}7 = 3\,000 : 21{,}7 = 138 \text{ spire}.$$

SPESSORE DEL FILO. — Lo spessore del filo primario, in base alla densità di corrente di circa 1 A per mm², risulta da $1{,}2 \times \sqrt{I_p} = 1{,}2 \cdot \sqrt{0{,}072} \approx 0{,}3$ mm.

Lo spessore del filo secondario è dato da:

$$\sqrt{n \times \text{spessore del filo primario}} = \sqrt{21{,}7 \cdot 0{,}3} = 1{,}4 \text{ mm}.$$

Esempi di trasformatori d'uscita.

La tabella riporta le caratteristiche dei trasformatori d'uscita Philips, in uso con le principali valvole finali (UL41, EL41 e EL84) in stadio singolo, ad una valvola, e in stadio in controfase, con due valvole, nonchè dei trasformatori d'uscita per transistor.

PER UNA SOLA VALVOLA FINALE UL41:

Il trasformatore d'uscita per una UL41 è riportato dalla fig. 4.7; è munito di alette di fissaggio. È il modello PK 510 80.

TIPO	Valvole o transistor	Potenza (W)	Rendimento (%)	Rapporto spire	Impedenza primaria (Ω)	Impedenza secondaria (Ω)	Induttanza (H)	Resistenza (Ω)	Corrente di magnetizzazione (mA)	TERMINALI 1	2	3	4	5	6
PK 505 70	EL 41	3	80	34	7000	5	7	700	36	alim.	placca EL41	—	altop. mass.	altop.	—
PK 505 71	2X EL 41	8	84	36,8	7000	7	30	650	5	altop.	altop.	reaz. negat.	placca 1ª EL41	alim.	placca 2ª EL41
PK 505 98	EL 84	3	78	31,6	5000	5	10	700	45	altop.	altop.	—	placca EL84	alim.	—
PK 508 11	2X EL 84	8	85	33,7	8000	7	25	640	5	altop.	altop.	nucl.	placca 1ª EL84	alim.	placca 2ª EL84
PK 508 12	2X EL 84	15	90	34	8000	7	38	2x170	5	—	—	—	—	—	—
PK 508 13	EL 84	4	77	27	5000	7	14	750	48	placca EL84	alim.	altop.	altop.	—	—
PK 510 80	UL 41	2	77	23,7	3000	5	3,5	370	36	altop.	altop.	placca UL41	gr. sch. UL41	alim.	—
PK 510 94	2X OC72	0.2	85	3,9	320	5	1,7	2x6	—	altop.	altop.	coll. OC72	coll. 2° OC72	alim.	—
PK 510 95	OC71 2XOC72	—	—	1,8	—	—	2,6	350	2	alim	coll. OC71	base 1° OC72	base 2° OC72	alim.	—
PK 511 01	OC71 2XOC74	—	—	1,9	—	—	5	155	2	alim	coll OC71	base 1° OC74	base 2° OC74	alim.	—
PK 511 02	2XOC74	1	80	1,9	73	5	0,8	2	—	altop.	altop.	coll. 1° OC74	coll. 2° OC74	—	—

PER UNA SOLA FINALE EL41 O EL84:

Il trasformatore d'uscita è quello di fig. 4.8. Per la finale EL41 il modello è PK 505 70; per la finale EL84 il modello è PK 505 98. Le caratteristiche sono riportate dalla tabella.

PER DUE FINALI EL41 O EL84 CON RESA D'USCITA DI 8 WATT:

Il trasformatore d'uscita è quello di fig. 4.9. I modelli sono rispettivamente:
per due finali EL41 ... PK 505 71
per due finali EL84 ... PK 508 11.

Le caratteristiche sono riportate dalla tabella.

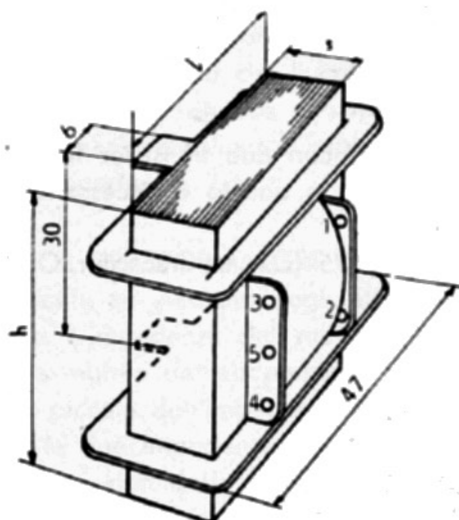


Fig. 4.7. - Trasformatore d'uscita per una UL 41 finale.

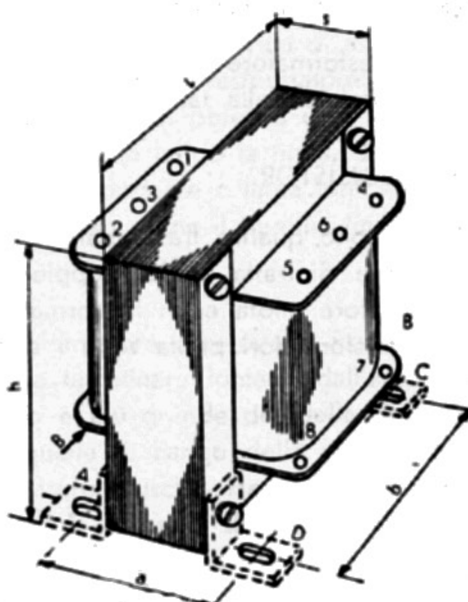


Fig. 4.8. - Trasformatore d'uscita per una EL 41 o EL 84.

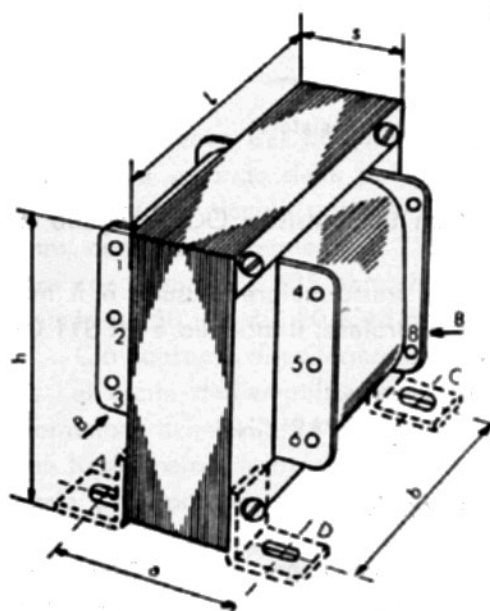


Fig. 4.9. - Trasformatore d'uscita per due EL 41 o EL 84, in controfase, con resa d'uscita di 8 watt.

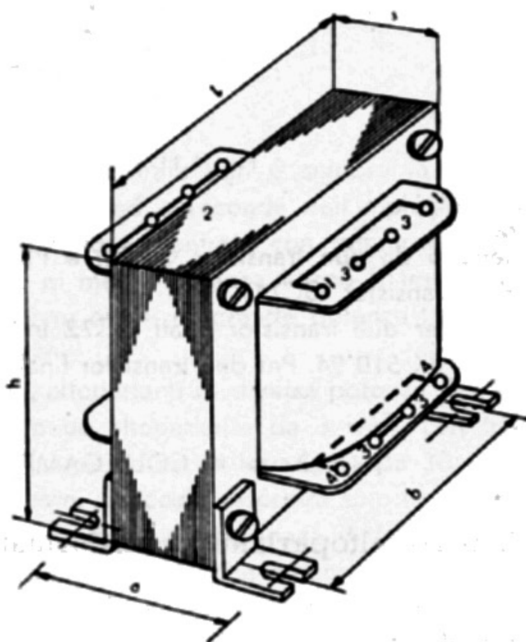


Fig. 4.10. - Trasformatore per due finali EL 84 con resa d'uscita di 15 watt.

PER DUE FINALI EL84 CON RESA D'USCITA DI 15 WATT:

Il trasformatore è quello di fig. 4.10; il modello è PK 508 12. Le caratteristiche sono riportate dalla tabella.

PER TRANSISTOR.

Vi sono quattro trasformatori Philips per transistor, con due transistor finali in controfase. Si tratta di due coppie di due trasformatori, in quanto è necessario un trasformatore pilota e un trasformatore d'uscita.

I trasformatori pilota sono i due modelli PK 510 95 (con un transistor OC71

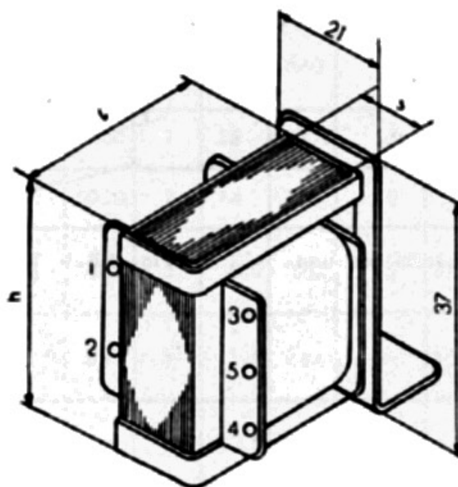


Fig. 4.11. - Trasformatore d'uscita per transistor.

seguito da due transistor OC72) e PK 511 01 (con un transistor OC71 seguito da due transistor OC74).

Per due transistor finali OC72 in controfase, il trasformatore d'uscita è il modello PK 510 94. Per due transistor finali OC74, in controfase, il modello è PK 511 02.

2. — IL COLLEGAMENTO DI PIU' ALTOPARLANTI

Linea d'altoparlanti e trasformatore d'entrata.

Gli amplificatori posti vicino al proprio altoparlante, come ad es. negli apparecchi radio, nei radiofonografi, nei piccoli impianti sonori portatili, ecc. sono provvisti di trasformatore d'uscita con secondario ad impedenza eguale a quella della bobina mobile dell'altoparlante. Quando, invece, gli altoparlanti sono numerosi, posti lontano dall'amplificatore, l'impedenza di carico varia, a seconda del numero e della

potenza degli altoparlanti; in tal caso il trasformatore d'uscita è provvisto di un certo numero di prese, ossia è ad impedenza adattabile a quella del carico di altoparlanti.

A loro volta, gli altoparlanti sono provvisti di un proprio *trasformatore d'entrata*, (detto anche *traslatore*) ciò allo scopo di evitare perdite di potenza e di frequenza lungo i conduttori che li collegano all'amplificatore, ossia lungo la linea, detta *linea di altoparlanti*, oppure, con lo stesso significato, *linea portante* o *linea fonica* o *linea d'utilizzazione* o *linea d'impianto elettrosonoro*. È in uso anche il termine *linea a media impedenza*.

IL TRASFORMATORE D'ENTRATA. — Il trasformatore d'entrata è fissato direttamente su ciascuno degli altoparlanti destinati a funzionare lontano dall'amplificatore. L'impedenza del suo avvolgimento primario è più grande di quella della bobina mobile dell'altoparlante, e più piccola di quella di carico della valvola, ossia più piccola dell'impedenza primaria del trasformatore d'uscita. Ha un valore medio tra le due impedenze, quella di carico della valvola e quella della bobina mobile, per cui vien detta *media impedenza*; perciò il trasformatore d'entrata viene anche detto *trasformatore a media impedenza*.

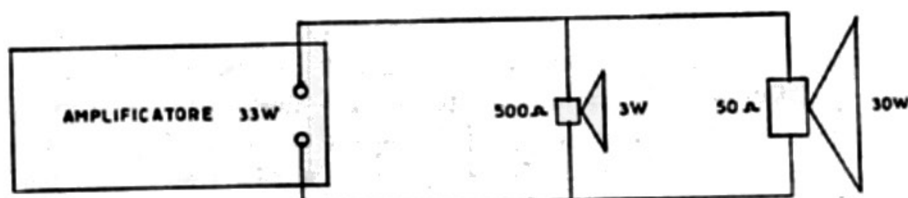


Fig. 4.12.

L'impedenza del primario del trasformatore d'entrata non è sempre la stessa, ma varia a seconda della potenza dell'altoparlante ed a seconda dell'impianto. Gli altoparlanti di piccola potenza hanno il trasformatore d'entrata con primario a 500 ohm, con presa intermedia a 250 ohm; quelli di media potenza hanno il trasformatore con primario a 125 ohm, 75 ohm e 50 ohm; quelli di grande potenza hanno il primario a 50, 40, 30, 20 e 10 ohm.

Ciò consente di collegare alla stessa linea, altoparlanti di diversa potenza. Se, ad es., all'uscita dell'amplificatore viene collegato un altoparlante da 3 watt, con trasformatore a impedenza primaria di 500 ohm, insieme con altoparlante da 30 watt, con trasformatore a impedenza primaria di 50 ohm, il piccolo assorbirà solo la decima parte della potenza assorbita dal grande, data la diversa impedenza. I due altoparlanti saranno collegati in parallelo. L'intensità della corrente che percorrerà i due avvolgimenti primari sarà inversamente proporzionale alla impedenza di ciascuno di essi.

Se le impedenze primarie fossero state eguali, per es, ambedue di 500 ohm, la corrente si sarebbe divisa per metà ed i due altoparlanti sarebbero entrati in funzione con la stessa potenza, eccessiva per l'altoparlante piccolo e insufficiente per l'altoparlante grande.

ALTOPARLANTI IN PARALLELO. — L'impedenza complessiva di due o più altoparlanti collegati in parallelo, tutti con la stessa impedenza primaria, è data da tale impedenza divisa per il numero degli altoparlanti. Se, ad es., dieci altoparlanti con impedenza primaria di 500 ohm vengono collegati in parallelo, l'impedenza complessiva è di 50 ohm. In tal caso si suol dire che l'*impedenza della linea* è di 50 ohm. I due conduttori della linea vanno collegati uno al morsetto comune, e l'altro alla presa a 50 ohm del trasformatore d'uscita dell'amplificatore. Se la potenza dell'amplificatore è di 30 watt, ciascun altoparlante ne riceverà la decima parte, ossia 3 watt, o poco meno, date le perdite.

Se la potenza dell'amplificatore è di 50 watt, e se ai 10 altoparlanti di cui so-

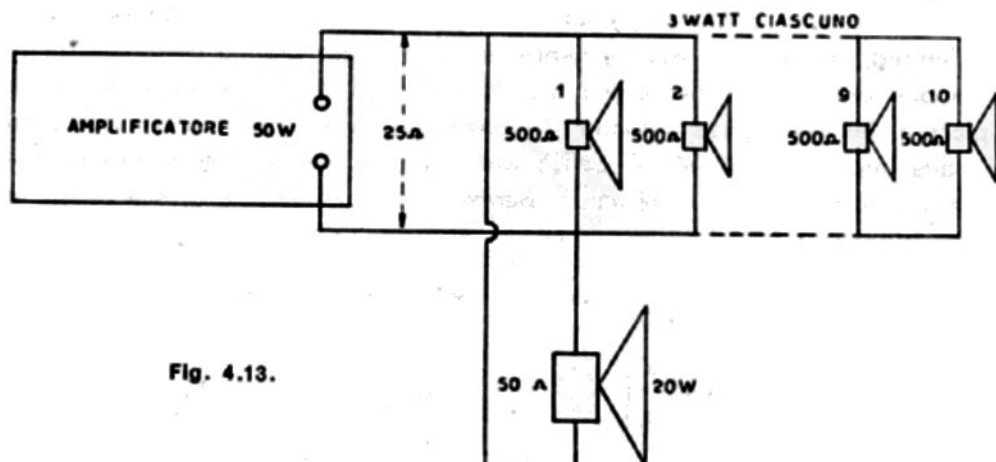


Fig. 4.13.

pra viene aggiunto in parallelo un altoparlante di grande potenza, da 20 watt, con impedenza primaria di 50 ohm, tutti gli altoparlanti saranno alimentati alla potenza richiesta da ciascuno di essi. L'impedenza della linea scenderà a 25 ohm, ed i due conduttori dovranno essere collegati al ritorno comune e alla presa a 25 ohm del secondario del trasformatore d'uscita.

COLLEGAMENTO IN PARALLELO DI IMPEDENZE DI VALORE DIVERSO. — L'impedenza complessiva di DUE IMPEDENZE DI VALORE DIVERSO in parallelo, Z_1 e Z_2, ad es. 500 ohm e 125 ohm, è data dalla formula:

$$\frac{Z_1 \times Z_2}{Z_1 + Z_2} = \frac{500 \times 125}{500 + 125} = \frac{62.500}{625} = 100 \text{ ohm.}$$

L'impedenza complessiva di TRE IMPEDENZE DI VALORE DIVERSO in parallelo, Z_1, Z_2 e Z_3, ad es. 500, 125 e 50 ohm, è data dalla formula:

$$1 : \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}\right) = 1 : \left(\frac{1}{500} + \frac{1}{125} + \frac{1}{50}\right) = 1 : 0{,}03 = 33{,}3 \text{ ohm.}$$

Lo stesso per quattro o più impedenze di valore diverso in parallelo.

COLLEGAMENTO IN SERIE-PARALLELO. — L'impedenza complessiva risulta dalla somma delle resistenze in serie, considerate come un'unica resistenza in parallelo alle altre. La fig. 4.14 indica tre altoparlanti con trasformatore d'entrata di 500 ohm, collegati due in serie ed uno in parallelo. L'impedenza della linea risulta di 333 ohm. La potenza di 8 watt dell'amplificatore risulta divisa a metà tra i due altoparlanti in serie e quello in parallelo, per cui quelli in serie funzio-

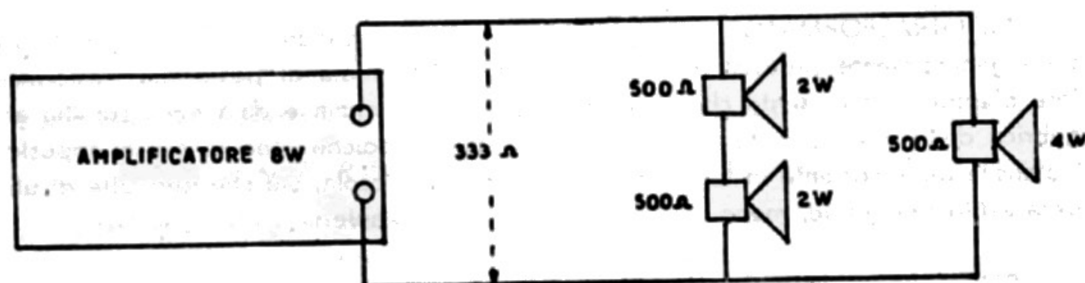


Fig. 4.14.

neranno con la potenza di 2 watt ciascuno, e quello in parallelo con la potenza di 4 watt. La diversità della potenza sarebbe stata ancora maggiore se l'impedenza del secondario del trasformatore d'entrata dell'altoparlante in parallelo fosse stata minore, per es. di 125 ohm. In tal caso i due altoparlanti in serie avrebbero ricevuto solo 1 watt di potenza ciascuno, mentre 4 watt sarebbero andati all'altoparlante in parallelo, come in fig. 4.15.

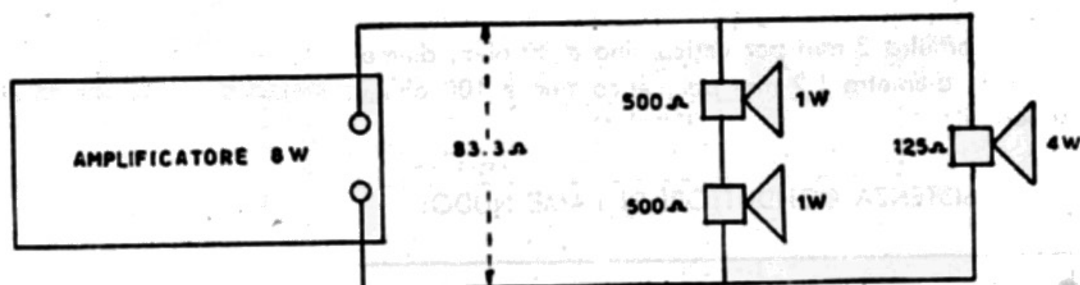


Fig. 4.15.

RIPARTIZIONE DELLA POTENZA TRA ALTOPARLANTI IN PARALLELO. — La potenza assorbita da ciascun altoparlante in parallelo è inversamente proporzionale all'impedenza del primario del suo trasformatore d'entrata. Se la disposizione degli altoparlanti è tale che all'impedenza primaria di 500 ohm corrisponda l'assorbimento di 1 watt, risulta:

Potenza assorbita dall'altoparlante = 500: impedenza primaria.

Ad es., se l'impedenza di uno qualsiasi degli altoparlanti disposti in parallelo è di 50 ohm, la potenza che esso assorbe è di 500 : 50 = 10 watt; se è di 75 ohm, la potenza è di 6,6 watt; se è di 100 ohm, la potenza è di 5 watt, ecc.

Qualora invece all'impedenza primaria di 500 ohm corrisponda la potenza assorbita di 0,5 watt, la potenza assorbita è data da 250 diviso per l'altro valore dell'impedenza primaria, ad es. se è di 50 ohm, risulta di 250 : 50 = 5 watt.

AUTOTRASFORMATORE D'ENTRATA. — Gli altoparlanti di grande potenza sono generalmente provvisti di autotrasformatore d'entrata al posto del trasformatore d'entrata. La corrente che percorre la parte in comune è data dalla somma algebrica delle due correnti, primaria e secondaria, e poichè sono di senso opposto, l'intensità della corrente in tale parte comune risulta piccola, ciò che permette di utilizzare filo più sottile, meno costoso e meno ingombrante.

DIAMETRO DI CIASCUNO DEI DUE CONDUTTORI DI LINEA.

a) per linee corte, sino a 50 metri di lunghezza: diametro 0,5 mm per carichi sino a 30 ohm; 0,4 per carichi superiori;

b) per linee medie, sino a 100 metri di lunghezza: diametro 0,85 mm per carichi sino 30 ohm, diametro 0,6 per carichi sino a 70 ohm, diametro 0,5 per carichi superiori;

c) per linee medie, sino a 200 metri di lunghezza: diametro 1,2 mm per carichi sino a 30 ohm, diametro 0,8 mm per carichi sino a 70 ohm, diametro 0,6 per carichi maggiori;

d) per linee lunghe sino a 500 metri: diametro 2,5 mm per carichi sino a 15 ohm, diametro 2 mm per carico sino a 30 ohm, diametro 1,5 mm per carico sino a 60 ohm, diametro 1,2 mm per carico sino a 100 ohm, e diametro 1 mm per carichi superiori.

RESISTENZA CONDUTTORI DI RAME NUDO:

Diametro in mm	Resistenza 100 m in Ω	Peso di 1000 m in kg	Lunghezza di 1 kg in metri
0,4	13,92	1,10	892,9
0,5	8,91	1,75	571,4
0,6	6,18	2,52	396,8
0,7	4,54	3,43	291,5
0,8	3,48	4,48	254,0
1	2,22	7,00	142,8
1,5	0,99	15,75	63,4
2	0,55	28,00	35,7
2,5	0,35	43,75	28,8

Valori di tensione e di corrente all'uscita dell'amplificatore.

Si supponga che la potenza dell'amplificatore sia di 30 watt, e che le prese al secondario del trasformatore d'uscita siano a 20 ed a 125 ohm. Quali sono i massimi valori di tensione e di corrente a ciascuna delle due prese?

Occorre utilizzare le formule $E = \sqrt{P \times R}$ ed $I = \sqrt{P : R}$. Risulta che ad un singolo carico di 125 ohm, collegato alla presa corrispondente, alla potenza di 30 watt, la tensione è di:

$$E = \sqrt{P \times R} = \sqrt{30 \times 125} = \sqrt{3750} = 61{,}2 \text{ volt.}$$

La corrente che percorrerà il carico di 125 ohm, alla potenza di 30 watt, sarà di:

$$I = \sqrt{P : R} = \sqrt{30 : 125} = \sqrt{0{,}24} = 0{,}49 \text{ ampere.}$$

Procedendo nello stesso modo si trova che ad un singolo carico di 20 ohm, collegato alla presa corrispondente, alla potenza di 30 watt, la tensione è di 24,5 volt e la corrente di 1,22 ampere.

Linea di bobine mobili.

In tutti i vecchi impianti di amplificazione, ossia in quelli provvisti di altoparlanti elettrodinamici, gli altoparlanti non hanno il trasformatore d'entrata. Le prese sono fatte direttamente alle loro bobine mobili, per cui la linea portante è detta *linea di bobine mobili*.

Le bobine mobili sono collegate in serie, per evitare di rendere eccessivamente bassa l'impedenza della linea, inferiore addirittura al valore ohmico dei suoi conduttori. È necessario che la resistenza della linea non superi il 15 % dell'impedenza totale, poichè solo in tal modo la perdita di potenza lungo la linea stessa è limitata appunto al 15 %.

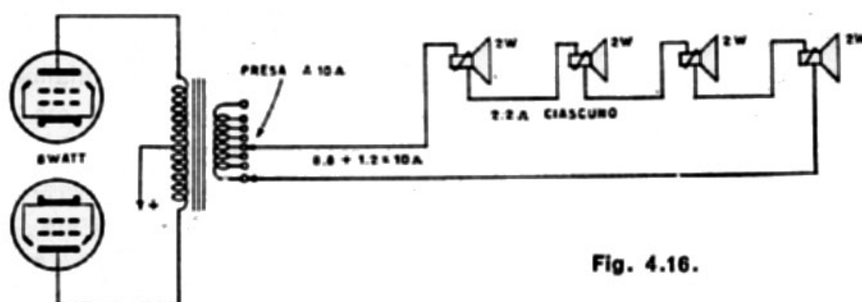


Fig. 4.16.

L'impedenza delle bobine mobili degli altoparlanti elettrodomestici è generalmente bassa, compresa tra 2 e 2,5 ohm.

Il collegamento in serie delle bobine mobili di tutti gli altoparlanti è possibile soltanto quando la potenza è egualmente distribuita a ciascuno di essi, ossia quando sono tutti della stessa potenza. Se, ad es., l'amplificatore è di 8 watt e vi sono 4 altoparlanti da 2 watt ciascuno, evidentemente possono venir collegati tutti in serie;

se l'impedenza della b. m. è di 2,2 ohm, l'impedenza della linea risulterà di $2{,}2 \times 4 = 8{,}8$ ohm più 1,2 ohm per i conduttori, ossia 10 ohm. Andrà collegata alla presa a 10 ohm del trasformatore d'uscita.

Quando vi sono altoparlanti di varia potenza è necessario il collegamento in serie-parallelo, dato che in tal modo si ottiene la distribuzione della potenza stessa. L'altoparlante, o gli altoparlanti di maggior potenza vanno collegati in parallelo agli altoparlanti di piccola potenza collegati in serie.

La fig. 4.17 illustra un esempio di amplificatore da 16 watt, con quattro altoparlanti da 2 watt ed uno da 8 watt. Le bobine mobili sono da 2,2 ohm. Affinchè la potenza di 16 watt si divida in due parti, come necessario, ed 8 watt vadano ai quattro

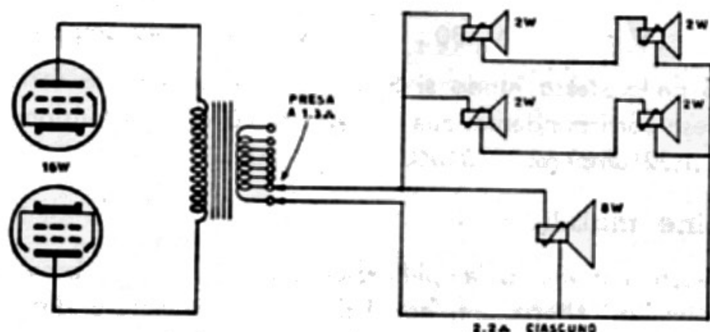


Fig. 4.17.

altoparlanti piccoli e altrettanti all'altoparlante grande, è necessario disporre i quattro altoparlanti piccoli in modo che l'impedenza complessiva delle loro bobine mobili sia eguale a quella dell'altoparlante grande. Ciò si ottiene collegandoli a due a due in serie, e quindi le due coppie in parallelo.

L'inconveniente di una simile disposizione consiste nel valore troppo basso dell'impedenza di linea, la quale è di 1,1 ohm più la resistenza dei conduttori. Nell'esempio precedente si è supposto che tale resistenza sia di 1,2 ohm, ma se anche in questo caso essa fosse di 1,2 ohm, oltre metà della potenza dell'amplificatore, ossia circa 8,5 watt andrebbero perduti nella linea, e solo 7,5 watt verrebbero distribuiti ai 5 altoparlanti. Per ridurre la resistenza di linea è necessario adoperare conduttori molto grossi, di 2 mm di diametro sino a 200 m e di 2,5 mm per lunghezze maggiori, in tal modo la resistenza della linea può venir ridotta per es. a 0,2 ohm, quindi l'impedenza totale può essere di 1,3 ohm.

Se nell'esempio fatto l'amplificatore fosse stato da 24 watt, e oltre ai quattro altoparlanti piccoli avesse dovuto alimentarne due grandi, da 8 watt ciascuno, non sarebbe stato opportuno collegare il secondo altoparlante grande in parallelo al primo, poichè l'impedenza della linea sarebbe risultata di 0,75 ohm, quindi la perdita lungo i fili conduttori sarebbe risultata poco meno della terza parte della potenza totale, circa 7 watt. Sarebbe stato necessario collegare i quattro altoparlanti piccoli in serie, ed in parallelo ad essi i due altoparlanti grandi pure in serie.

Quando si tratta di impianti complessi, con altoparlanti di varia potenza, senza

trasformatore d'entrata, come negli esempi fatti, è spesso opportuno usare due o tre amplificatori di piccola potenza, ciascuno alimentante un gruppo di altoparlanti. Diversamente la distribuzione della potenza può risultare difficile o impossibile.

Linea complessa di altoparlanti.

La ripartizione della potenza tra altoparlanti collegati ad una stessa linea non è sempre facile, e spesso si risolve soltanto con compromessi. Si supponga, ad es., di dover alimentare quattro altoparlanti, due da 3 watt, uno da 15 watt ed uno da 30 watt, collegati alla stessa linea. La potenza complessiva è di 51 watt. È necessario provvedere a ripartire la potenza di 37 watt tra i quattro altoparlanti. Può avvenire che convenga inviare un solo watt a ciascuno dei due altoparlanti piccoli, 10 watt a quello medio a 25 watt al grande.

In questo caso la disposizione risulta quella di fig. 4.18. I due altoparlanti pic-

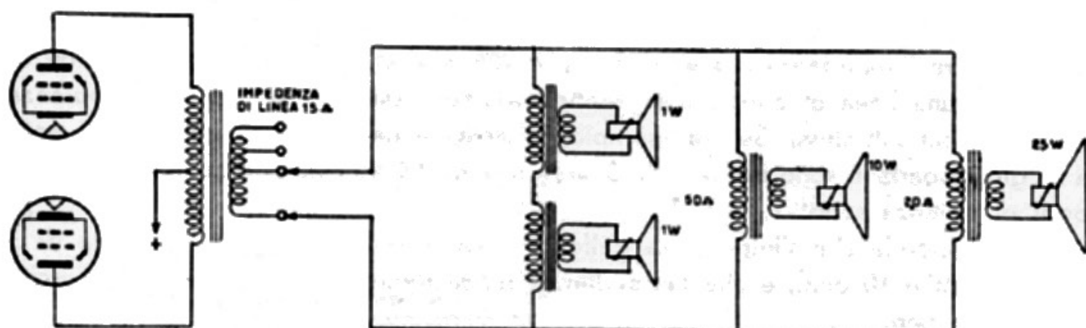


Fig. 4.18.

coli sono collegati in serie; l'impedenza primaria dei loro trasformatori d'entrata è di 125 ohm. Dell'altoparlante medio è utilizzata la presa a 50 ohm del secondario, e del grande quella a 20 ohm. La ripartizione della potenza risulta quella richiesta, poichè l'impedenza di 250 ohm dei due altoparlanti in serie è 5 volte maggiore di 50 ohm, e 12,5 volte maggiore di quella di 20 ohm. Se i due altoparlanti piccoli assorbono complessivamente 2 watt, l'altoparlante medio assorbe $2 \times 5 = 10$ watt, ed il grande $2 \times 12{,}5 = 25$ watt.

L'impedenza della linea risulta dalla solita formula, ed è di $1 : 0{,}074 = 13{,}5$ ohm più 1,5 ohm per i conduttori, in totale 15 ohm. Gli altoparlanti vanno collegati alla presa a 15 ohm del secondario del trasformatore d'uscita, oppure a 14 o a 16 ohm, se quella di 15 ohm manca. Il collegamento della linea a 15 ohm alla presa di 14 ohm porta alcuni svantaggi, diversi da quelli che comporta il collegamento alla presa a 16 ohm.

Collegando la linea a 15 ohm alla presa a 16 ohm dell'amplificatore, si ottiene che il carico riflesso placca-placca, come si suol dire, è più basso, così che è possibile ottenere una potenza leggermente maggiore dall'amplificatore, ma anche una maggiore distorsione, specie nelle punte di potenza. Se, invece, si collega la linea

a 15 ohm alla presa a 14 ohm dell'amplificatore, viene riflesso un carico placca-placca più alto, ciò che determina il sovraccarico dell'amplificatore ad un'uscita più bassa della normale. In via generale, se si tratta di amplificatori a triodi finali, può essere utile collegare la linea a presa minore, mentre se si tratta di amplificatori con valvole finali costituite da tetrodi a fascio o da pentodi può risultare più utile il collegamento alla presa maggiore.

Va inoltre tenuto presente che la linea può venir collegata ad una *presa più alta* sino ad un massimo del 70 %, oppure ad una *più bassa* sino ad un massimo del 30 %, dato che collegando a presa più bassa lo squilibrio risulta più accentuato; di massima è bene evitare, ove sia possibile, il collegamento a presa più bassa. Se, ad es. l'impedenza della linea fosse di 10 ohm, e fossero disponibili due prese del trasformatore d'uscita dell'amplificatore, una a 9 ohm e l'altra a 11,5 ohm, risulterebbe opportuno collegarla alla presa a 11,5 ohm, anzichè a quella di 9 ohm, pur essendo quest'ultima più vicina al valore richiesto.

CALCOLO DELL'IMPEDENZA PRIMARIA DEI TRASFORMATORI D'ENTRATA. — Per calcolare l'impedenza che deve avere il primario di ciascuno dei trasformatori di entrata di una linea di altoparlanti, occorre anzitutto stabilire il *rapporto di potenza* tra gli altoparlanti stessi. Se, ad esempio, la potenza dell'amplificatore è di 30 watt, e se gli altoparlanti sono tre, uno da 5 watt, uno da 10 watt ed uno da 15 watt, i rapporti di potenza sono: 1, 2 e 3.

Si supponga che l'impedenza delle tre bobine mobili sia rispettivamente di 3 ohm, 6 ohm e 10 ohm, e che l'impedenza del secondario del trasformatore d'uscita sia di 150 ohm.

L'impedenza del primario del trasformatore d'entrata dell'altoparlante da 5 watt, è data da:

Impedenza primaria trasformatore d'entrata = Impedenza secondaria trasformatore d'uscita × (Potenza amplificatore : Potenza altoparlante), ossia è di

$$150 \times (30 : 5) = 900 \text{ ohm.}$$

L'impedenza primaria degli altri due trasformatori si ottiene semplicemente dividendo quella trovata (per il più piccolo degli altoparlanti) per il rapporto di potenza. Perciò l'impedenza primaria del trasformatore dell'altoparlante da 10 watt sarà di 900 : 2 = 450 ohm, mentre quella del trasformatore dell'altoparlante da 15 watt sarà di 900 : 3 = 300 ohm.

Calcolando il valore delle tre impedenze primarie in parallelo si deve trovare il valore dell'impedenza del secondario del trasformatore d'uscita, di 150 ohm. Infatti:

$$Z = 1 : (\frac{1}{900} + \frac{1}{450} + \frac{1}{300}) = 1 : (0{,}00111 + 0{,}00222 + 0{,}00333) =$$

$$= 1 : 0{,}00666 = 150 \text{ ohm.}$$

Impianti con più amplificatori.

Quando si tratta di impianti d'amplificazione molto complessi, o di potenza notevole, possono venir utilizzati più amplificatori, la cui potenza viene sommata. Gli amplificatori vengono collegati con le entrate in parallelo e con le uscite in serie; generalmente però si preferisce collegare le entrate in parallelo lasciando separate le uscite, alle quali vengono collegate linee separate di altoparlanti, a seconda della potenza di ciascun amplificatore, ciò per evitare che la linea comune abbia impedenza troppo bassa.

Linea ad impedenza costante.

CARATTERISTICHE GENERALI. — I comuni impianti di diffusione sonora sono provvisti di linee cosidette a media impedenza, ma che in realtà possono anche essere a bassa ed a bassissima impedenza a seconda del carico degli altoparlanti. Gli inconvenienti di queste linee sono già stati indicati; esse non consentono la riparti-

IMPEDENZA Ω		LINEA AI MORSETTI	UNIRE TRA LORO I MORSETTI		
1,25		1-3	1-2	□	3-4
2,5		3-5	3-4	□	5-6
5	△	2-3	1-4	□	—
7,5		1-5	1-2	□	5-6
10	△	4-5	3-6	□	—
14		2-5	1-4	□	—
18		4-5	1-6	□	—
30	△	2-5	1-6	□	—
75		5-7	5-6	□	7-8
100		3-7	3-4	□	7-8
125		1-7	1-2	□	7-8
300	△	6-7	5-8	□	—
350		6-7	3-8	□	—
400	△	4-7	3-8	□	—
450		4-7	1-8	□	—
500	△	2-7	1-8	□	—

△ LINEA BILANCIATA
□ CONNES. A MASSA NECESSARIA PER LINEE LUNGHE AD ALTA IMPEDENZA.

Fig. 4.19. - Utilizzando in vario modo le prese del trasformatore d'uscita è possibile disporre di un maggior numero di valori d'impedenza d'uscita.

zione della potenza ad audiofrequenza tra i vari altoparlanti, salvo casi molto semplici e fortunati; la loro impedenza varia molto, e quando è bassa determina notevoli perdite di potenza. Inoltre non è sempre possibile adattare l'impedenza della linea a quella del secondario del trasformatore d'uscita, per quanto esso sia provvisto di numerose prese, ciò che determina distorsione e sovraccarico.

Per queste ragioni, i moderni impianti d'amplificazione a media o ad alta musicalità sono provvisti di *linea ad impedenza costante.* Mentre negli impianti comuni è *il trasformatore d'uscita* che viene adattato alla linea, per cui dispone di secondario a molte prese, negli impianti migliori è la linea che viene adattata al trasformatore d'uscita, il quale è provvisto di *secondario senza prese.* L'esperienza e la teoria hanno dimostrato che il valore migliore d'impedenza delle linee d'altoparlanti è di 500 ohm, per cui il trasformatore d'uscita ha il secondario a 500 ohm.

L'impedenza di queste linee è sempre di 500 ohm, qualunque sia il numero degli altoparlanti collegati e la loro potenza. Ne risulta che l'impedenza primaria dei trasformatori d'entrata degli altoparlanti varia notevolmente, e deve essere calcolata all'atto dell'installazione. Questo è il grave inconveniente degli impianti a linea a impedenza costante, per cui sono riservati ai soli cinema di classe, ed in genere alle sole installazioni a media o ad alta musicalità.

Un semplice esempio di *linea ad impedenza costante di 500 ohm* è quello di fig. 4.20. Ad un amplificatore da 30 watt sono collegati tre altoparlanti da 10 watt

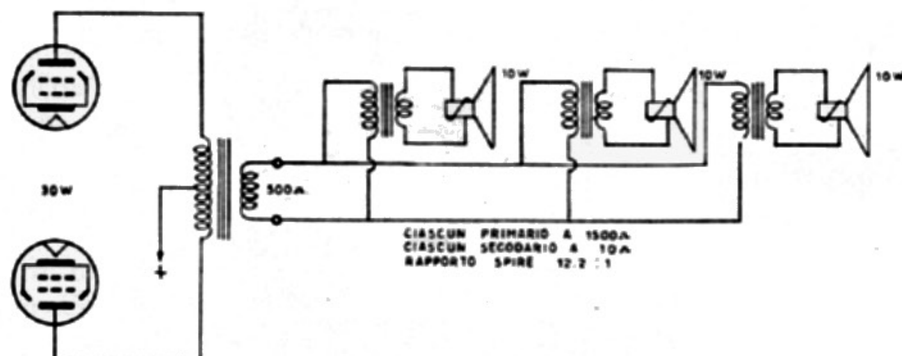


Fig. 4.20.

ciascuno, in parallelo. L'impedenza primaria di ciascuno dei tre trasformatori d'entrata è di 1500 ohm, visto che l'impedenza risultante è di 500 ohm, come richiesto dalla linea. Il trasformatore d'uscita ha il secondario a 500 ohm.

ADATTAMENTO ALTOPARLANTI DI POTENZA DIVERSA. — Può avvenire che i tre altoparlanti da collegare alla stessa linea d'uscita a 500 ohm siano di potenza diversa, ad es. uno da 15 watt, uno da 10 watt e uno da 5 watt, e che sia necessario calcolare l'impedenza primaria di ciascuno dei tre trasformatori d'entrata.

Va anzitutto calcolata la tensione ai capi della linea d'uscita in corrispondenza alla potenza massima, di 30 watt, dell'amplificatore. Poichè la linea è a 500 ohm, la tensione ai suoi capi è di 122,5 volt; infatti:

$$E = \sqrt{W \times R} \qquad W = 30 \qquad R = 500 \qquad E = \sqrt{15\,000} = 122{,}5 \text{ volt.}$$

Nello stesso modo va calcolata la tensione ai capi della bobina mobile dell'al-

toparlante da 15 watt. Si suppone, come nell'esempio fatto, che le tre bobine mobili siano da 10 ohm ciascuna. Poichè la potenza è di 15 watt e la resistenza di 10 ohm, la tensione è data dalla radice quadrata di $15 \times 10 = \sqrt{150}$, ossia è di 12,25 volt.

Ai capi della bobina mobile dell'altoparlante da 10 watt la tensione sarà di $\sqrt{100} = 10$ volt; ed ai capi di quella dell'altoparlante da 5 watt sarà di $\sqrt{50} = 7{,}07$ volt.

Il rapporto spire per ciascuno dei tre trasformatori sarà:

a) altoparlante da 15 watt . . . . . . 122,5 : 12,25 = 10 a 1
b) altoparlante da 10 watt . . . . . . 122,5 : 10 = 12,2 a 1
c) altoparlante da 5 watt . . . . . . 122,5 : 7,07 = 17,5 a 1

Il rapporto impedenze è dato dal rapporto spire elevato al quadrato. Il primario di ciascun trasformatore ha in questo caso un'impedenza diversa. Elevando al quadrato 10, 12,2 e 17,5 si ottiene 100, 148 e 306. Questi sono i tre rapporti impedenze. Poichè il secondario è di 10 ohm in tutti e tre i trasformatori, l'impedenza del primario sarà di 1000 ohm per l'altoparlante da 15 watt, di 1480 ohm per quello da 10 watt e di 3060 ohm per quello da 5 watt.

Collegate in parallelo, queste tre impedenze si comportano come una sola da 500 ohm; infatti:

$$\text{Impedenza totale} = 1 : \left(\frac{1}{Z_1} + \frac{1}{Z_2} + \frac{1}{Z_3}\right) = 1 : \left(\frac{1}{1000} + \frac{1}{1480} + \frac{1}{3060}\right) =$$
$$= 500 \text{ ohm.}$$

In questo modo la potenza assorbita da ciascun altoparlante risulta quella richiesta.

CAPITOLO QUINTO

LA SISTEMAZIONE DELL'ALTOPARLANTE

1. — SCHERMI E CASSE ACUSTICHE PER ALTOPARLANTI

Lo schermo acustico.

Le onde sonore sono costituite da compressioni e da rarefazioni dell'aria. Le semionde positive consistono in compressioni, quelle negative in rarefazioni. L'altoparlante a cono diffonde contemporaneamente ambedue queste semionde, una davanti al cono e l'altra dietro di esso. Quando da un lato del cono vi è una compressione dell'aria, dietro di esso vi è una corrispondente rarefazione. Si suol dire che



Fig. 5.1. - Se l'altoparlante non è provvisto di schermo, le frequenze basse frontali annullano quelle retrostanti, e viceversa.

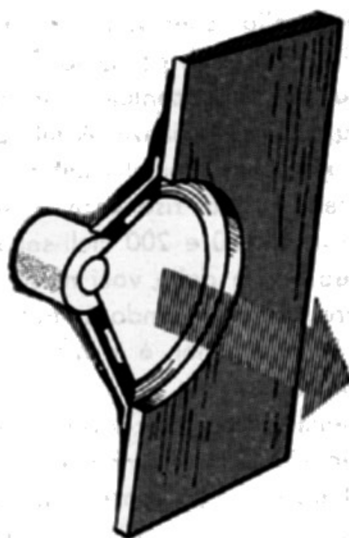


Fig. 5.2. - Altoparlante con schermo acustico.

l'altoparlante a cono diffonde due onde sonore in opposizione di fase, una nello spazio ad esso antistante e l'altra in quello retrostante, e che si determina una parziale cancellazione del suono per fuori fase, in quanto la compressione viene annullata dalla rarefazione, a meno che non esista una parete divisoria tra i due lati del cono, come indica la fig. 5.2.

Le dimensioni dello schermo devono essere proporzionate al diametro del cono diffusore. Quanto più ampie sono, tanto più bassa è la frequenza che può venir riprodotta. La potenza dell'altoparlante risulta aumentata, ed il responso ai toni bassi fortemente migliorato. Lo schermo non ha praticamente alcun effetto sulle frequenze elevate, dato che esse si propagano a fascio, ed è lo stesso cono a dividere le semionde antistanti da quelle retrostanti. La più bassa frequenza riproducibile è quella corrispondente alla lunghezza d'onda pari all'ampiezza dello schermo.

L'altoparlante è fissato allo schermo tramite un materiale assorbente, affinchè non abbia a comunicargli le proprie vibrazioni.

Casse acustiche aperte.

Per la buona riproduzione delle frequenze basse, lo schermo deve avere dimensioni molto ampie, visto che alla frequenza di 100 c/s corrisponde l'onda di 3,3 metri, ma tali dimensioni sono spesso incompatibili con quelle dell'ambiente in cui l'altoparlante deve funzionare. Nei radiofonografi è lo stesso mobile che funziona da schermo, e divide le semionde antistanti da quelle retrostanti. Uno schermo di questo tipo vien detto *schermo piegato* o cassa *acustica aperta*, in quanto è aperta posteriormente.

Rispetto allo schermo piano, la cassa acustica aperta presenta il vantaggio delle dimensioni minori, ma anche lo svantaggio di agire come un tubo risuonatore aperto da un lato, per cui accentua il responso dell'altoparlante in corrispondenza della propria frequenza di risonanza. A tale particolare frequenza, tutto il sistema acustico aumenta di efficienza, con il risultato sgradevole del caratteristico rimbombo.

La frequenza di risonanza dipende dal volume d'aria presente nella cassa, ed è compresa tra 100 e 200 cicli-secondo. Essa altera la naturalezza delle riproduzioni musicali ed anche delle voci maschili.

Inoltre, specie quando si tratta di radiofonografi, la cassa aperta risulta di dimensioni limitate e non è in grado di consentire la sufficiente riproduzione delle frequenze basse.

Presenta un terzo inconveniente, quello di non assicurare un adeguato carico all'altoparlante, il cui cono non risulta abbastanza frenato, ed oscilla facilmente in presenza di transienti, con conseguente distorsione.

La soluzione migliore è costituita dalle *casse acustiche chiuse*, anche posteriormente, tali da assorbire completamente l'energia sonora prodotta nella parte retrostante del cono, ed impedire del tutto la possibilità di cancellazione del suono per fuori fase.

Casse acustiche chiuse.

Il modo più semplice per eliminare completamente l'energia sonora diffusa nella parte retrostante dell'altoparlante consiste nel collocare l'altoparlante stesso in una cassa completamente chiusa, provvista del solo foro per l'altoparlante. È necessario

che le pareti interne della cassa siano ricoperte con materiale assorbente, affinchè il suono venga estinto. Casse di questo genere si prestano ottimamente, e costituiscono una specie di « schermo infinito », poichè nessuna parte dell'energia sonora retrostante raggiunge quella antistante. Vengono dette *casse acustiche chiuse*.

Le loro dimensioni possono essere relativamente piccole. Il volume interno ri-

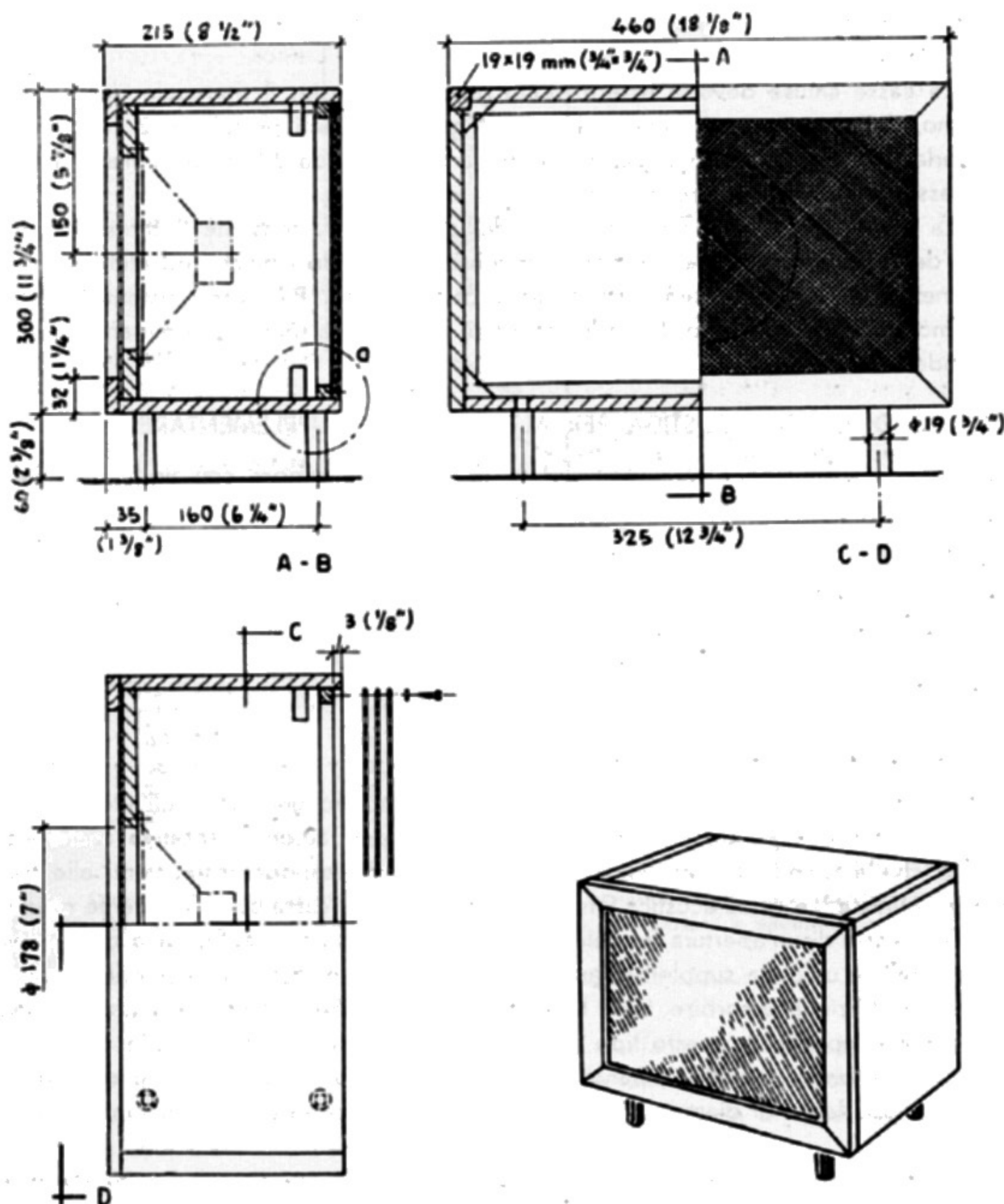


Fig. 5.3. - Dati costruttivi per la cassa acustica di altoparlante supplementare.

sulta da formule matematiche, ma esse sono poco utili poichè contengono alcuni fattori noti soltanto ai costruttori di altoparlanti. La massa d'aria contenuta in queste casse si comporta come una *capacità acustica*. Il volume varia con le dimensioni dell'altoparlante, e non è critico; i costruttori americani indicano 2 piedi cubi (due cubi ciascuno di 30 cm di lato) per gli altoparlanti di 20 cm di diametro, 2,5 piedi cubi per quelli di 25 cm e 3 piedi cubi per quelli di 30 cm. Non è necessario che le casse abbiano forma di cubo, possono avere forma qualsiasi, purchè sia rispettato, all'incirca, il volume interno.

Le casse chiuse devono essere molto rigide e robuste; il materiale da usare è il legno, dello spessore di almeno 1 cm per gli altoparlanti piccoli, di 2 cm per gli altoparlanti medi, e di 2,5 cm per gli altoparlanti grandi, da 30 cm ed oltre. Il materiale assorbente deve essere di almeno 1 cm di spessore.

La cassa chiusa aumenta la potenza dell'altoparlante, consente l'ottima riproduzione delle frequenze basse, smussa il responso eliminando i picchi, ed elimina completamente la risonanza caratteristica delle casse aperte. Può venir sistemata entro altro mobile, come nel caso dei radiofonografi, ed avere la forma e le dimensioni corrispondenti.

ESEMPIO DI CASSA ACUSTICA PER ALTOPARLANTE SUPPLEMENTARE.

Qualora risulti necessario completare la diffusione sonora con un altoparlante supplementare, o qualora riesca necessario far giungere la diffusione sonora in altro ambiente, è possibile realizzare una buona cassa acustica con le indicazioni fornite dalla fig. 5.3.

Nella figura sono riportate tutte le misure per la realizzazione costruttiva, in millimetri e in pollici. Il fondo della cassa è costituito da tre strati di materiale assorbente acustico, sovrapposti.

Casse acustiche Bass Reflex.

La riproduzione dei toni bassi è limitata dal diametro del cono dell'altoparlante, il quale non può superare un certo limite oltre che per ragioni costruttive anche per il fatto che a grandi diametri del cono corrispondono responsi insufficienti alle frequenze elevate. La cassa acustica Bass Reflex è simile alla cassa completamente chiusa, ma è provvista di un'apertura frontale, sotto il foro per l'altoparlante, dalla quale vien lasciata uscire un'onda supplementare che si aggiunge in fase a quella diffusa anteriormente. Anzichè assorbire tutte le frequenze acustiche diffuse nella parte retrostante dell'altoparlante, questo tipo di cassa le assorbe tutte meno quelle corrispondenti ai toni bassi, i quali risultano rinforzati. Il risultato è quello che si otterrebbe con un altoparlante di diametro maggiore sistemato in cassa acustica completamente chiusa.

L'ampiezza e la fase dell'onda secondaria sono in rapporto con l'ampiezza e la fase dell'onda principale, e dipendono dal volume della cassa, dell'area-pistone dell'altoparlante e dall'area dell'apertura frontale, detta « portello ».

La fig. 5.4 indica una cassa acustica Bass Reflex. È provvista di due liste di legno orizzontali, una sulla parete anteriore ed una su quella posteriore. Esse hanno lo scopo di consentire la riduzione delle dimensioni della cassa. Con queste due liste di

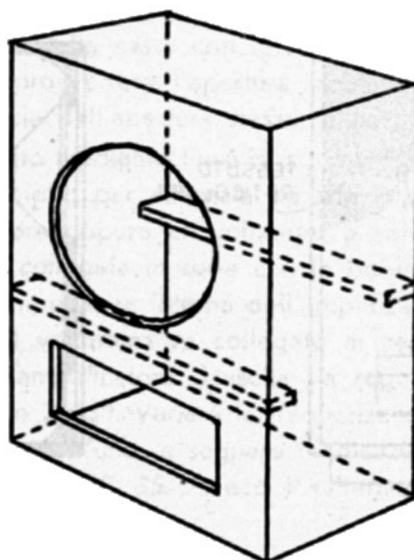


Fig. 5.4. - Cassa acustica a bassi rinforzati, tipo Bass Reflex.

DIMENSIONI DELLE CASSE ACUSTICHE BASS REFLEX

Diametro dell'altoparlante in centimetri	Diametro del foro in centimetri	Volume della cassa in centimetri cubi	Area dell'apertura in centimetri quadrati
45	40,0	220.000	620
38	33,5	160.000	450
30	26,5	120.000	420
25	22,2	98.000	270
20	17,2	58.000	180
15	13,4	38.000	135

Queste dimensioni si riferiscono solo alle casse acustiche Bass Reflex del tipo indicato dalla fig. 5.4. Il diametro del foro dell'altoparlante può variare a seconda del tipo dell'altoparlante stesso.

legno, il volume della cassa e l'area del portello risultano quelli indicati dalla tabella, per i diversi tipi di altoparlanti. Circa la metà della superficie interna della cassa va ricoperta con lo strato di materiale assorbente di almeno 1 cm di spessore; può venir utilmente adoperato uno strato di juta di 2,5 cm di spessore.

Le dimensioni della cassa non hanno grande importanza, e possono essere variate a seconda della necessità, purchè sia conservato il volume interno e l'area del portello.

ESEMPI DI CASSE BASS REFLEX. — La fig. 5.5 indica le caratteristiche di due casse acustiche Bass Reflex, una per altoparlante di 30 cm di diametro e l'altra per altoparlante di 38 cm. Il volume di ciascuna di esse è superiore a quello indicato

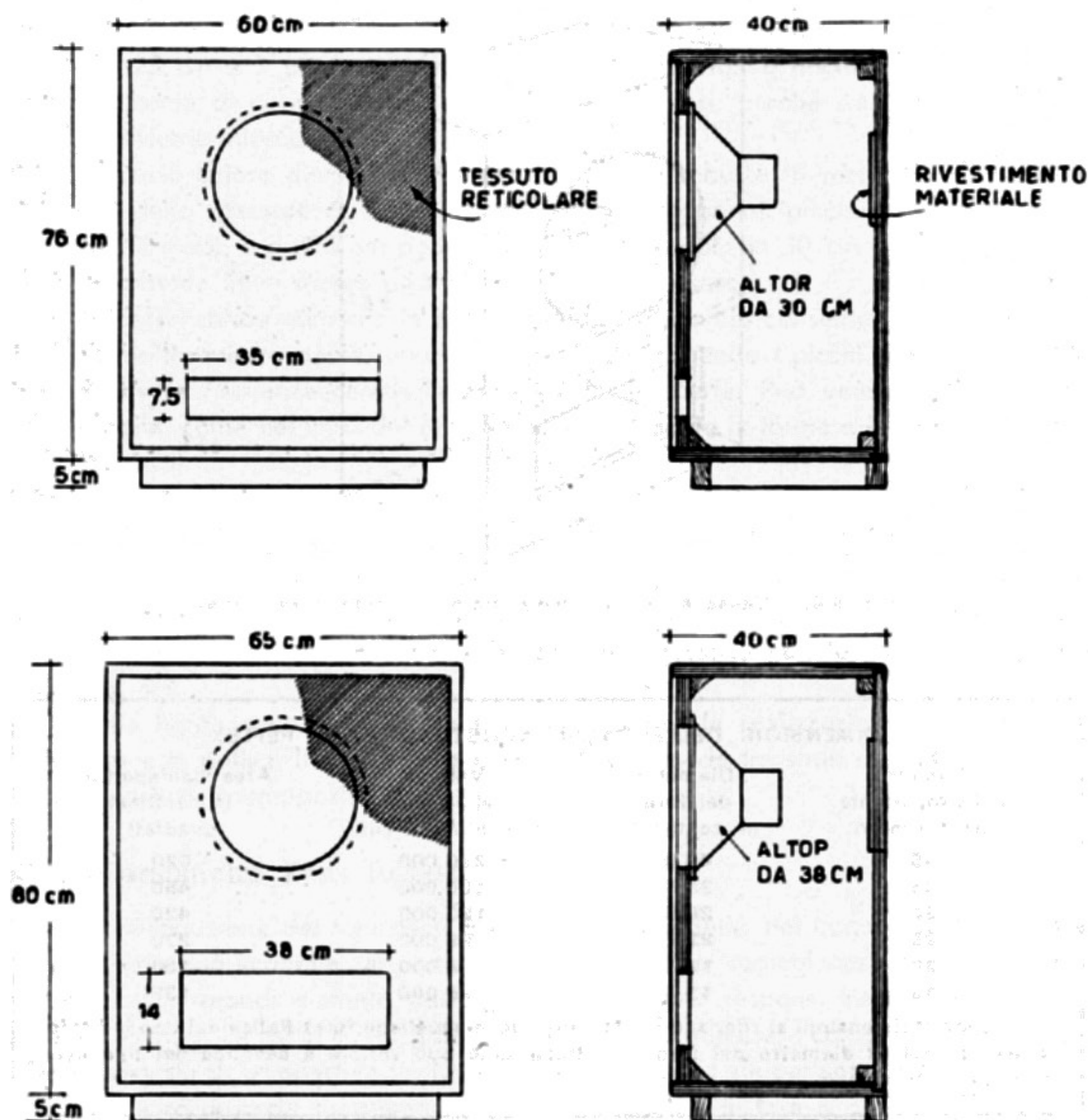


Fig. 5.5. - Due esempi di altoparlanti sistemati in casse acustiche con parziale assorbimento dell'onda retrostante.

dalla tabella, dato che queste due casse sono sprovviste di liste di legno interne. Con tali liste, le dimensioni possono venir ridotte corrispondentemente al minor volume richiesto.

È necessario che le casse siano molto solide, con gli angoli rinforzati, in modo

da evitare vibrazioni. Metà della superficie interna va ricoperta da materiale assorbente. La parete frontale può venir ricoperta con tessuto reticolare, o comunque tale da non impedire la diffusione sonora.

COME VA ACCORDATA LA CASSA. — Per ottenere ottimi risultati è necessario accordare la risonanza della cassa con la risonanza del cono dell'altoparlante. A tale scopo è possibile provvedere l'apertura frontale di una chiusura in modo da poter variare la superficie dell'apertura stessa, e accordare così la cassa.

L'accordo risulta perfetto mediante l'uso di strumenti. È necessario un oscillatore a bassa frequenza, un voltmetro per alternata ad alta impedenza, del tipo da 1000 ohm per volt con rettificatore oppure un voltmetro a valvola, ed una resistenza da 100 ohm. La resistenza va collegata in serie con la bobina mobile dell'altoparlante, allo scopo di aumentare l'impedenza interna dell'amplificatore e non appiattire la risonanza dell'altoparlante. Il voltmetro va collegato ai capi della bobina mobile, e l'oscillatore all'entrata dell'amplificatore. L'uscita va regolata in modo che ai capi della bobina mobile vi siano 2 volt. Variare la frequenza dell'oscillatore da 20 a 150 cicli/secondo, a passi di 5 cicli l'uno, e segnare l'indicazione del voltmetro per ciascuna frequenza, ossia a 20, 25, 30, 35 c/s ecc. Risulteranno due « punte » ossia due

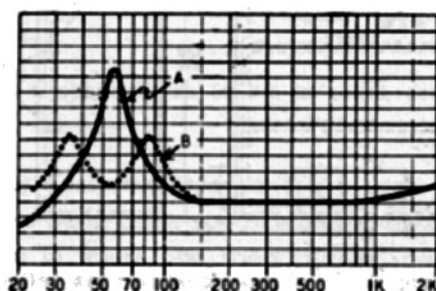


Fig. 5.6. - A) Curva di risonanza senza la cassa acustica.
B) Con la cassa acustica.

letture massime, le quali potranno essere dello stesso valore o di valore diverso. La cassa è accordata quando i due massimi hanno lo stesso valore, e la si accorda variando l'area dell'apertura anteriore.

Con casse completamente chiuse si ottiene un massimo solo, il quale corrisponde alla frequenza di risonanza dell'altoparlante nella cassa in cui si trova.

La fig. 5.6 indica l'effetto della cassa Bass Reflex sulla curva di risonanza dell'altoparlante; al posto di un picco se ne formano due, di eguale ampiezza, distanziati l'uno dall'altro. I due picchi sono notevolmente meno elevati di quello in assenza della cassa Bass Reflex, con schermo comune.

Chiudendo completamente l'apertura superiore, il portello, il responso dell'altoparlante subisce un cedimento dal lato delle frequenze più basse. Scompaiono i due

picchi, è presente il picco singolo più alto; i toni bassi sono solo quelli diffusi da un lato del cono.

In mancanza di strumenti, la cassa Bass Reflex può venir accordata approssimativamente con l'aiuto di una pila a secco da 4,5 volt, messa in contatto istantaneo con i conduttori provenienti dalla bobina mobile dell'altoparlante. Si può riconoscere se al balzo in avanti del cono corrisponde un altro analogo indietro; si devono sentire due « clich » eguali quando l'accordo è raggiunto, senza lo strascico sonoro caratteristico della mancanza di accordo.

Casse acustiche per stanze di soggiorno.

La tendenza attuale è di separare l'altoparlante dal resto dell'impianto sonoro, costituito generalmente da un radiofonografo, allo scopo di poter ottenere il massimo rendimento dall'impianto stesso, ed evitare gli inconvenienti derivanti dall'impiego del mobile del radiofonografo come cassa acustica aperta, inconvenienti che

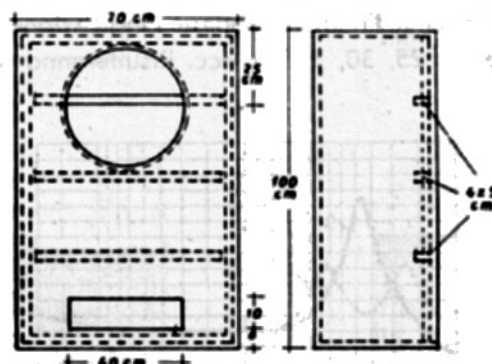


Fig. 5.7. - Cassa acustica bass reflex.

si verificano anche nei radiofonografi di alta classe e di costo elevato, essendo comuni a tutte le casse acustiche aperte posteriormente.

Separato dal resto dell'impianto, l'altoparlante può venir sistemato in apposita cassa acustica chiusa posteriormente, con o senza apertura anteriore, ossia con o senza rinforzo dei toni bassi, appositamente progettata e costruita. La cassa stessa può venir collocata in apposito mobiletto, senza qualità acustiche.

Le casse chiuse posteriormente, od i mobiletti, possono venir direttamente appoggiati alla parete, dato che non vi è diffusione sonora retrostante, ma solo quella antistante. Possono venir realizzate in modo da poter occupare un angolo della stanza di soggiorno, ed utilizzare le pareti per la miglior diffusione del suono.

La fig. 5.7 indica le caratteristiche costruttive di una cassa Bass Reflex. È adatta per altoparlanti di grande diametro, da 38 a 40 cm, ed è alta 1 metro. L'apertura frontale, posta molto in basso, è di 400 cm quadrati di superficie. Il materiale assorbente è collocato sul fondo posteriore della cassa ed ai due lati, non sul retro della

parte frontale. Come di consueto occupa la metà della superficie interna della cassa. Sul fondo sono sistemate tre piccole sporgenze in legno. Tutta la cassa è in legno. Il materiale assorbente è falda di cotone alta 2,5 cm.

La fig. 5.8 illustra un altro esempio di mobile per altoparlante, adatto per stanza di soggiorno, provvisto di cassa acustica Bass Reflex. L'altoparlante è di 30 cm di diametro, con frequenza di risonanza a 100 c/s. La cassa è di legno di 2 cm di spessore, sistemata con telaio robusto, e con tutte le giunture incollate e avvitate, nonchè

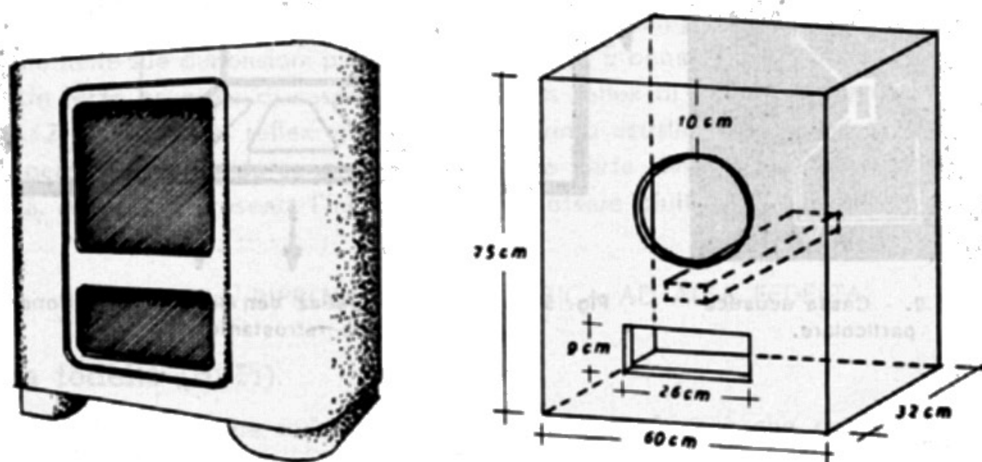


Fig. 5.8. - Sistemazione di altoparlante da 30 cm in cassa acustica con bassi rinforzati.

rinforzate internamente. Per l'assorbimento sonoro è usata falda di feltro. La parete anteriore e quella posteriore della cassa sono collegate da un pezzo di legno.

Le dimensioni indicate in figura non sono critiche, possono venir alterate a seconda della necessità. La posizione dell'apertura anteriore non è neppur essa critica, può variare di qualche centimetro verso l'alto o verso il basso.

Un mobile con cassa acustica di questo tipo valorizza alquanto la riproduzione sonora dell'altoparlante, ed assicura un ottimo responso anche alla frequenza di 50 cicli/secondo, senza alcun rimbombo o vibrazione dannosa, e riducendo al minimo la distorsione. Rispettando le dimensioni indicate per il portello, l'accordo può risultare superfluo; ad ogni modo, dato che la cassa è nell'interno del mobile e non in vista, l'apertura può venir variata in modo semplice, senza danno per l'estetica. Va però detto che in qualche caso l'accordo può risultare molto laborioso.

Bass reflex particolari.

Le casse acustiche bass reflex hanno subito numerosi perfezionamenti, e vengono costruite attualmente in una grande varietà di forme. Sono tutte adatte per impianti ad alta fedeltà.

Un esempio di bass reflex particolare è quello illustrato dalla fig. 5.9. Al posto

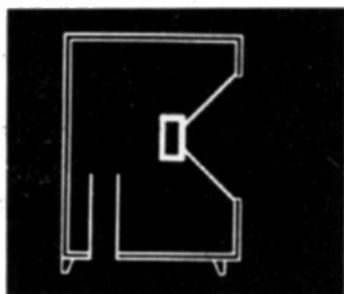


Fig. 5.9. - Cassa acustica particolare.

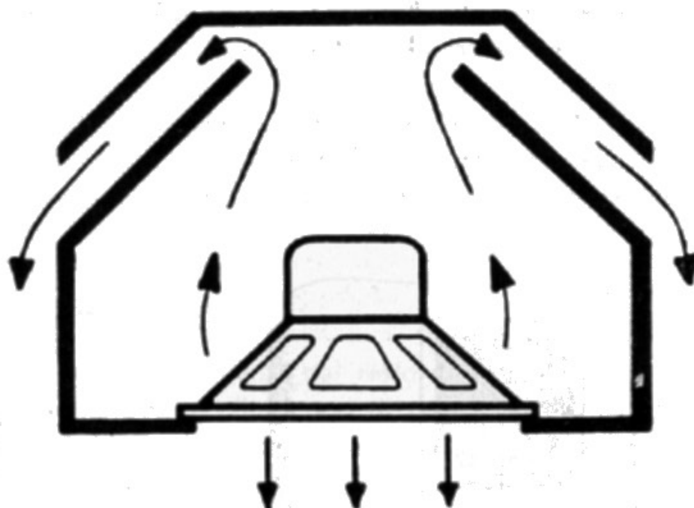


Fig. 5.10. - Cassa acustica con riflessione dell'onda sonora retrostante.

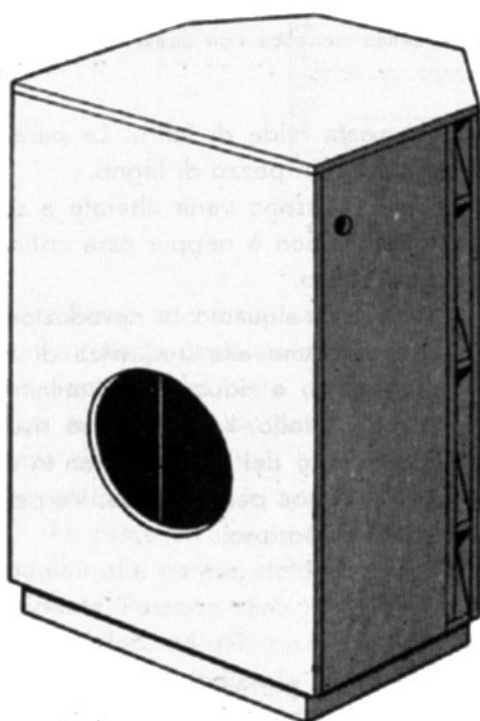


Fig. 5.11. - Aspetto esterno della cassa acustica di cui la figura precedente.

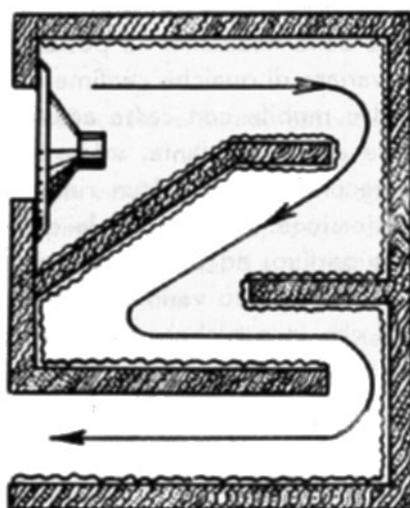


Fig. 5.12. - Cassa a labirinto acustico.

del portello frontale, posto sotto l'altoparlante, questo bass reflex è provvisto di un'apertura sottostante a guida acustica, come indicato. Il vantaggio di questo bass reflex è costituito dalle dimensioni minori rispetto quello di tipo classico, con il portello.

Un altro esempio di bass reflex è quello illustrato dalle figure 5.10 e 5.11. Appartiene alla categoria di bass reflex di alta classe, adatto per riproduzioni sonore Hi-Fi. Le onde sonore riprodotte dalla parte retrostante dell'altoparlante vengono convogliate verso la parte frontale. Il risultato è notevole, specie per la riproduzione delle frequenze più basse. L'inconveniente maggiore di questo bass reflex consiste nelle sue dimensioni piuttosto ingombranti. È bene adatto per grandi ambienti.

Un terzo esempio di cassa acustica a bass reflex di tipo particolare è quello di fig. 5.12. Questo bass reflex vien detto *a labirinto acustico*, dato il tragitto che vien fatto percorrere all'onda sonora retrostante. Fa parte dei bass reflex adatti per alta fedeltà. Anch'esso presenta l'inconveniente di essere piuttosto ingombrante.

2. — LA RIPRODUZIONE ACUSTICA AD ALTA FEDELTA'

L'alta fedeltà (Hi-Fi).

Vien detta ad *alta fedeltà*, quella riproduzione sonora che consente l'ascolto delle esecuzioni musicali nella loro forma integrale, senza distorsioni e senza alterazioni. È in uso anche il termine inglese *High Fidelity*, abbr. in Hi-Fi.

Ad alta fedeltà può essere qualsiasi complesso sonoro, dall'apparecchio radio al



Fig. 5.13. - Diffusione spaziale dei suoni da complesso ad alta fedeltà.

registratore magnetico, dall'amplificatore fono per stanza da soggiorno a quello per grandi sale cinematografiche. Non possono essere ad alta fedeltà i piccoli apparecchi radio, sia quelli portatili che quelli a sopramobile di piccole dimensioni, e neppure le fonovaligie. Affinchè l'alta fedeltà della riproduzione sonora sia possibile è necessario che il complesso abbia sufficiente potenza, dimensioni adeguate alla riproduzione dei suoni, e sia provvisto di almeno due altoparlanti, uno per i toni medi e bassi, e l'altro per i toni alti.

La potenza è indispensabile per assicurare la riproduzione delle note basse ad un sufficiente livello sonoro; le dimensioni adeguate sono necessarie per la stessa ragione. Sono necessari almeno due altoparlanti di tipo comune, poichè nessun altoparlante è in grado di riprodurre tutta la gamma delle frequenze sonore, ad eccezione degli altoparlanti ad alta fedeltà, dei quali è stato detto nel capitolo terzo, i quali sono però costituiti da due o tre altoparlanti riuniti insieme.

Gli altoparlanti di grande diametro sono bene adatti per la riproduzione delle frequenze acustiche medie e basse, ma non per quelle alte, data la notevole inerzia del loro cono vibrante. Gli altoparlanti di piccolo diametro sono invece adatti per la riproduzione delle frequenze elevate, ma non per quelle medie e basse poichè non consentono l'applicazione di potenze adeguate e non hanno la possibilità di imprimere all'aria oscillazioni corrispondenti.

È per questa ragione che gli impianti ad alta fedeltà sono provvisti di due o

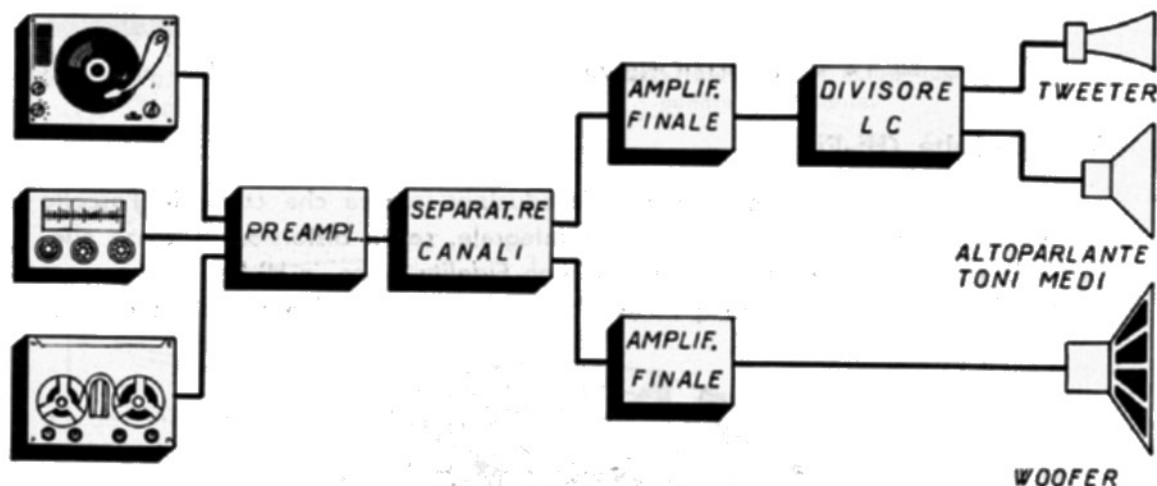


Fig. 5.14. - Elementi costituenti un complesso tipico ad alta fedeltà.

più altoparlanti, sistemati in modo opportuno allo scopo di determinare una diffusione sonora uniforme nell'ambiente, ed approfittare del riverbero da parte delle pareti, per dar « colore » alle riproduzioni musicali.

Inoltre, è necessario che l'amplificatore audio sia in grado di trasferire dalla sua entrata alla sua uscita tutte le frequenze musicali, senza sopprimere una parte di esse od esaltarne un'altra parte. Anche l'amplificatore deve quindi essere di tipo ad alta fedeltà, provvisto di uno stadio finale in controfase, e di adeguato trasformatore di uscita.

Infine, è necessario che il complesso ad alta fedeltà sia provvisto di uno o più *divisori di frequenza*, con i quali provvedere alla separazione delle varie frequenze da inviare agli altoparlanti. Il divisore di frequenza, a volte, è costituito da due parti: un *separatore di canali* e un *divisore di frequenza* vero e proprio. Il separatore di

canali è posto prima dello stadio finale, il divisore di frequenza dopo di esso; ciò allo scopo di consentire una maggiore amplificazione di potenza per il canale basso, quello che fa capo all'altoparlante di grande diametro, e una amplificazione minore per l'altro canale, quello alto, collegato agli altoparlanti per i toni medi e per quelli bassi.

La fig. 5.14 illustra la disposizione tipica di un complesso sonoro ad alta fedeltà. Alla sua entrata vi è un giradischi, un convertitore radio e un registratore magnetico. Alla sua uscita vi sono tre altoparlanti: quello per le frequenze basse (detto *woofer*), quello per le frequenze medie e quello per le frequenze alte (detto *tweeter*).

Il complesso fono consiste di:

a) un preamplificatore,

b) un separatore di canali,

c) due stadi separati d'amplificazione finale,

d) un divisore di frequenza.

Nei complessi ad alta fedeltà ha notevole importanza il *preamplificatore*, in quanto comprende i controlli di volume, dei toni alti e dei toni bassi, nonchè il selettore. Il separatore di canali è un circuito a resistenza, capacità e induttanza in grado di dividere in due parti la gamma delle frequenze, e ottenere due canali, quello basso e quello alto.

Il divisore di frequenza è a sua volta un altro circuito, simile a quello del separatore, in grado di dividere il canale alto in due parti: media e alta.

Principio del separatore di frequenza.

La fig. 5.15 illustra il principio basilare del divisore di frequenza. Per ottenere la separazione delle frequenze alte da quelle medie e basse, è sufficiente un solo condensatore fisso posto in serie all'altoparlante di diametro minore. Il condensatore è un divisore di frequenza, in quanto oppone una resistenza molto elevata alle frequenze basse, rispetto a quella che oppone alle frequenze alte, ossia la sua *reattanza* in ohm è inversamente proporzionale alla frequenza.

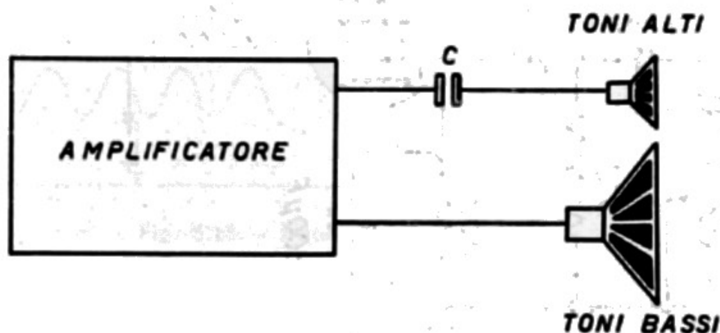


Fig. 5.15. - Principio della divisione della gamma audio.

Nei complessi a modesto Hi-Fi, specie negli apparecchi radio di modeste dimensioni con due o tre altoparlanti, nei radiofonografi di classe inferiore e nella maggior parte dei registratori magnetici con due altoparlanti, il divisore di frequenza

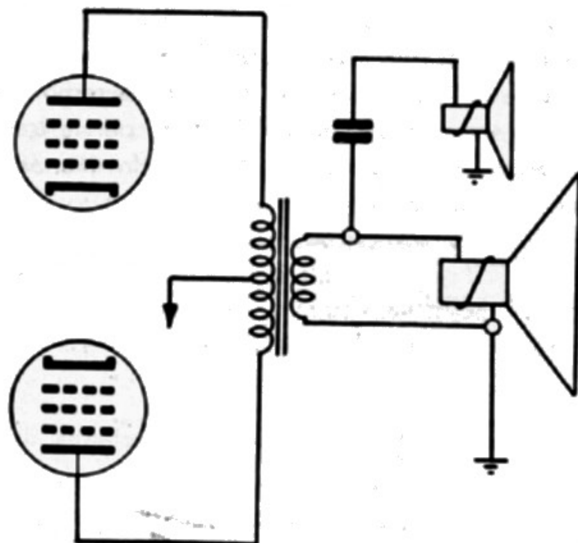


Fig. 5.16. - Collegamento dell'altoparlante minore con condensatore.

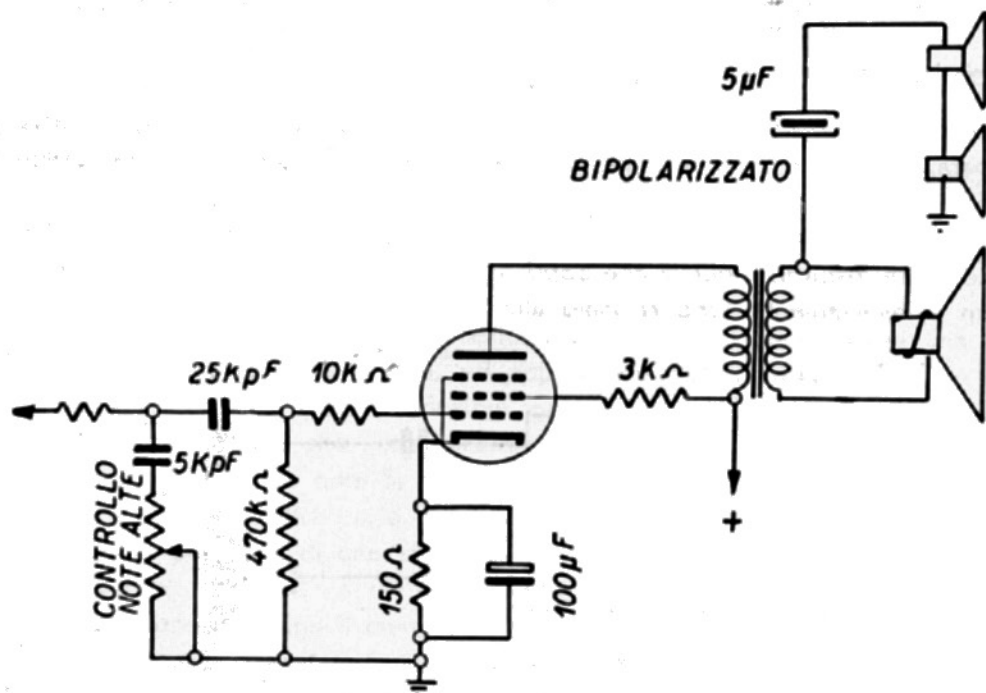


Fig. 5.17. - Collegamento di due altoparlanti per toni alti, tramite un elettrolitico bipolarizzato.

è assai spesso costituito da un solo condensatore fisso. Non vi è il separatore di canali, in quanto vi è un solo stadio d'amplificazione finale, e praticamente non vi è neppure il divisore di frequenza, in quanto è ridotto ad un solo condensatore.

La fig. 5.16 riporta un esempio di stadio finale con due valvole in controfase, seguito, da due altoparlanti. Essi sono collegati in parallelo. Quello per i toni alti è provvisto di condensatore in serie. Dalla capacità del condensatore dipende l'ampiezza della banda di frequenza audio che giunge all'altoparlante, e che esso riproduce. Le capacità normalmente usate sono di 5, 10 e 20 microfarad, a seconda delle dimensioni dell'altoparlante, il quale è sempre di tipo magnetodinamico. Gli altoparlanti elettrostatici sono usati in complessi ad alta fedeltà maggiore, quasi limitatamente agli impianti per sale cinematografiche.

La fig. 5.17 riporta un altro esempio di stadio finale di apparecchio a modesto Hi-Fi. Lo stadio finale è ad una sola valvola e gli altoparlanti sono tre, uno di grande diametro e due di diametro minore. In questo caso le possibilità di ottenere buone riproduzioni musicali sono limitate, per cui non è opportuno suddividere la gamma delle frequenze audio, in quanto modesta. I due altoparlanti piccoli sono in serie tra di loro, e in serie con un consendatore elettrolitico bipolarizzato di 5 microfarad.

L'impiego di un solo condensatore come divisore di frequenza presenta l'inconveniente di non provvedere ad una effettiva separazione della gamma audio, ma solo a limitare il passaggio delle frequenze alte. All'altoparlante di diametro maggiore giunge tutta la gamma audio.

Il divisore di frequenza vero e proprio consente di inviare le frequenze basse e medie all'altoparlante grande, e quelle alte soltanto all'altoparlante minore.

IL DIVISORE LC.

La fig. 5.18 indica come avviene la separazione delle frequenze basse da quelle alte, in un circuito in cui un condensatore sia in serie con una resistenza.

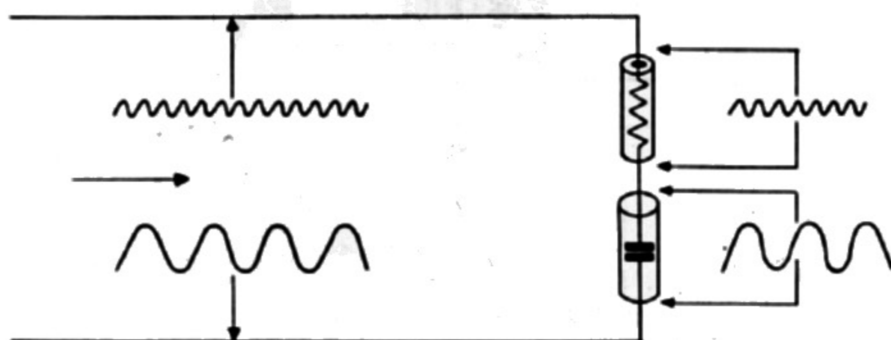


Fig. 5.18. - Principio del divisore RC.

Se nel circuito sono simultaneamente presenti due frequenze, una bassa e l'altra alta, la bassa risulta presente ai capi del condensatore, mentre l'alta risulta ai capi della resistenza. Condensatore e resistenza si comportano come un divisore di

tensione. Alla frequenza bassa, la reattanza capacitativa è elevata, quindi il condensatore si comporta come una resistenza di valore elevato, per cui la tensione è presente ai suoi capi, più che ai capi della resistenza. Viceversa, alla frequenza alta, il condensatore si comporta come una resistenza di basso valore, quindi la tensione è prevalentemente ai capi della resistenza.

La fig. 5.19 illustra ciò che avviene se al posto del condensatore viene collo-

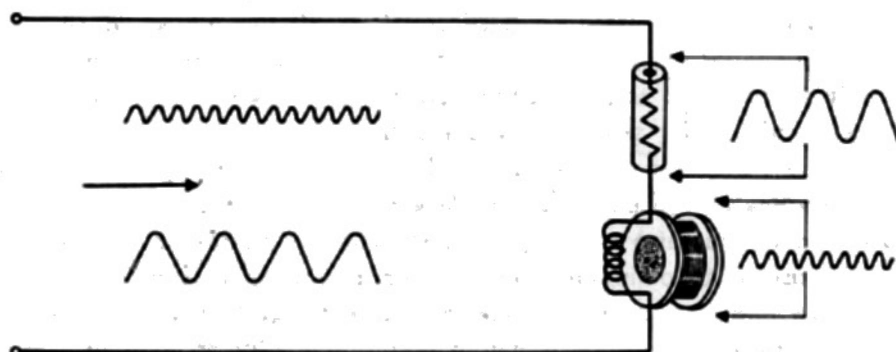


Fig. 5.19. - Principio del divisore RL.

cata un'induttanza. In questo caso la frequenza alta è presente ai capi dell'induttanza, mentre quella bassa è presente ai capi della resistenza, poichè alle frequenze elevate l'induttanza si comporta come una resistenza di elevato valore, mentre alle frequenze basse agisce come una resistenza di basso valore.

La fig. 5.20 illustra un divisore LC, ossia un divisore costituito da una capacità

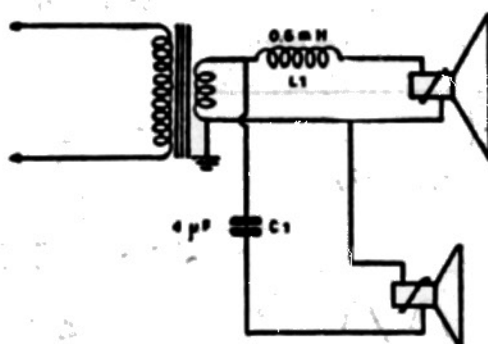
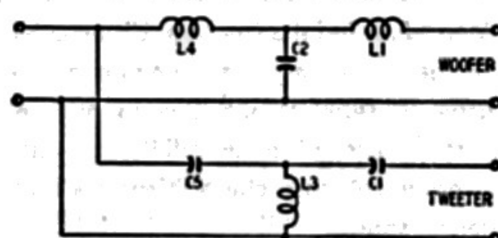


Fig. 5.20. - Esempio di divisore LC.

e da una induttanza. La capacità è in serie all'altoparlante toni alti, mentre l'induttanza è inserita nel circuito dell'altoparlante toni bassi. Ne risulta una effettiva separazione delle frequenze basse da quelle alte. Le medie risultano distribuite ad ambedue gli altoparlanti.

Per ottenere una separazione delle frequenze più efficace, a volte viene usato



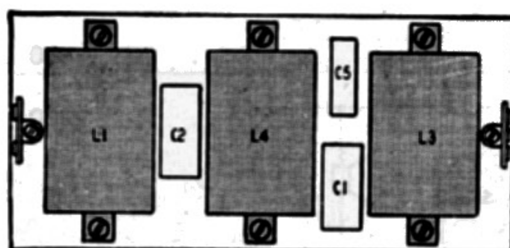


Fig. 5.21. - Esempio di divisore LC triplo.

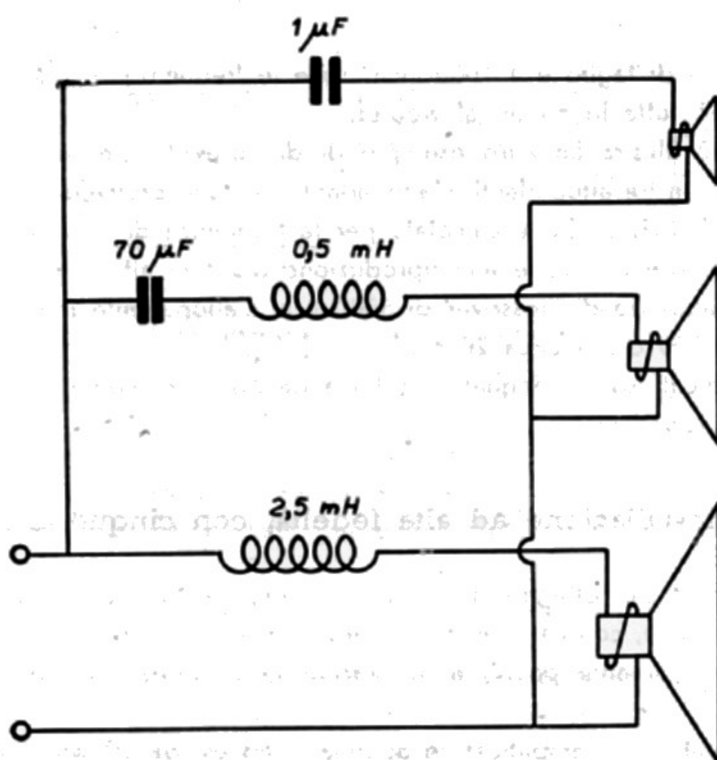


Fig. 5.22. - Collegamento di tre altoparlanti per complesso Hi-Fi.

un divisore LC triplo, come quello indicato dalla fig. 5.21. In serie all'altoparlante maggiore, woofer, vi sono due induttanze; tra di esse vi è un condensatore in parallelo, il quale fuga a massa le frequenze elevate che siano riuscite a superare la prima induttanza. Anche in serie all'altoparlante minore, tweeter, vi sono due condensatori, e in più, tra di essi vi è un'induttanza, allo scopo di consentire il passaggio a massa delle frequenze basse che abbiano superato il primo condensatore.

I valori delle induttanze sono:

L1	1270	
L3	630	»
L4	2000	»

quelli dei condensatori sono:

C1	20	microfarad
C2	40	»
C5	10	»

La frequenza di taglio è a 1000 cicli; tutte le frequenze maggiori sono convogliate al tweeter, tutte le minori al woofer.

La fig. 5.22 illustra un altro esempio di divisore LC, per complesso acustico ad alta fedeltà, con tre altoparlanti. L'altoparlante centrale provvede alla riproduzione dei toni medi; il divisore LC è calcolato per la frequenza di crossover di 1000 c/s. L'altoparlante minore provvede alla riproduzione dei toni alti; il divisore LC è calcolato per la frequenza di crossover di 5000 c/s. L'altoparlante maggiore riproduce i toni bassi, da 500 c/s a circa 20 c/s.

I valori indicati sono adeguati per linea da 16 ohm, come generalmente avviene con tre altoparlanti.

Esempio di installazione ad alta fedeltà, con cinque altoparlanti.

Gli altoparlanti da collegare all'uscita di un amplificatore ad alta fedeltà, devono essere in numero tale, con caratteristiche particolari e sistemati in modo conveniente, da rendere effettivamente possibile la riproduzione sonora con spiccate caratteristiche musicali.

Se è disponibile un amplificatore adeguato, ad es. da 20 watt, preceduto dall'unità preamplificatrice, come il complesso amplificatore descritto alla fine del capitolo decimo, la riproduzione sonora è bene venga affidata ad un gruppo di

cinque altoparlanti: tre di piccolo diametro, per frequenze elevatissime, uno a tromba per frequenze alte e, infine, uno a grande diametro per le frequenze basse.

La fig. 5.23 indica la disposizione schematica dei cinque altoparlanti. Essi sono collegati al separatore di frequenza (filtro bifonico), il quale è collegato all'uscita dell'amplificatore. La frequenza di separazione è di 800 c/s.

I tre altoparlanti piccoli, i *tweeters*, sono collegati in parallelo tra di essi, e con un condensatore a carta di 2 microfarad (C), al filtro bifonico, insieme con l'altoparlante a tromba. L'altoparlante maggiore, il *woofer*, è collegato da solo all'altra presa del filtro.

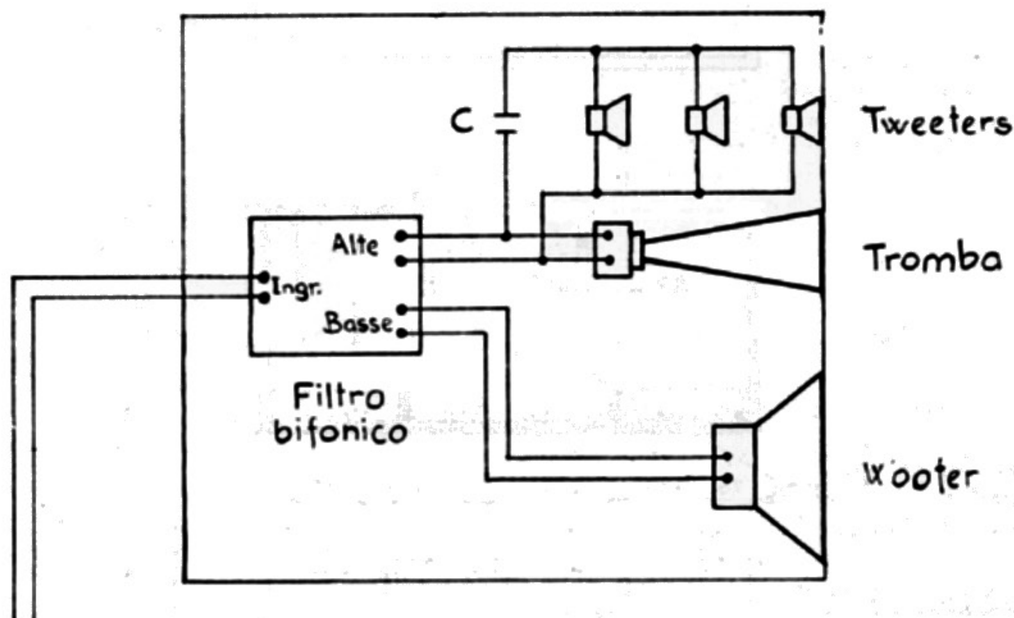


Fig. 5.23. - Disposizione di cinque altoparlanti per impianto ad alta fedeltà, con cassa bass reflex della figura seguente.

La fig. 5.24 indica le caratteristiche costruttive della cassa armonica di tipo bass-reflex, adatta per contenere i cinque altoparlanti. I tre tweeters sono sistemati in alto, sulla stessa linea orizzontale; per essi sono praticati tre fori; nel pannello frontale, di 85 mm ciascuno.

La tromba è collocata sotto di essi, in corrispondenza dell'apertura rettangolare di 330 mm di lunghezza per 80 di altezza.

L'altoparlante maggiore è sistemato sulla parte centrale del pannello; l'apertura corrispondente è di 280 mm. Sotto di esso vi è l'apertura del « portello » della cassa armonica, di 420 mm di lunghezza per 80 mm di altezza.

Le dimensioni esterne complessive della cassa armonica sono di 850 mm per 710 mm. È possibile costruire la cassa armonica di dimensioni minori, e ve ne sono

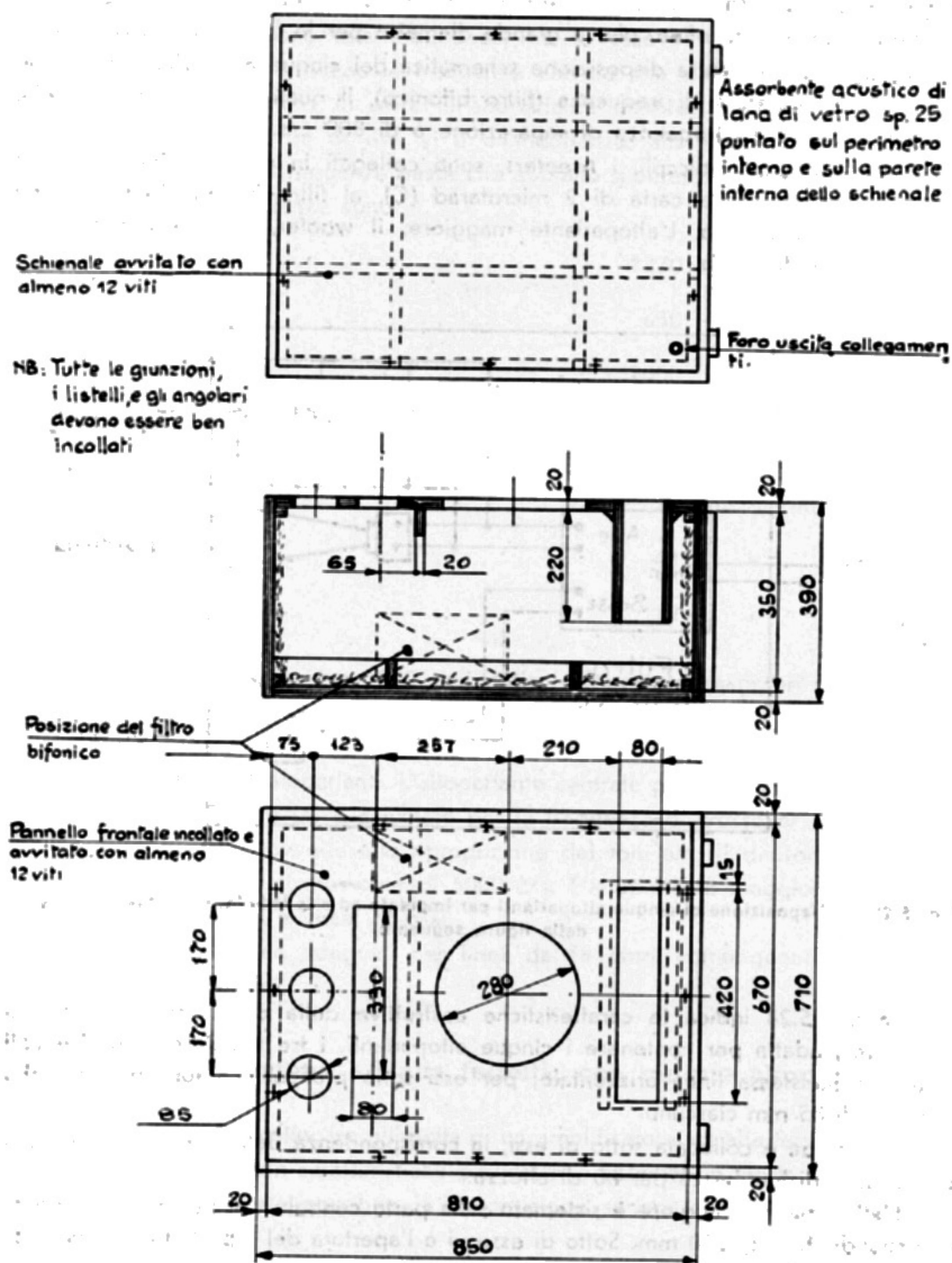


Fig. 5.24. - Dati costruttivi per la cassa bass-reflex a cinque altoparlanti, per complesso ad alta fedeltà.

in commercio; occorre però tener presente che con dimensioni minori il rendimento elettroacustico è altrettanto minore, per cui la potenza dell'amplificatore risulta sacrificata in parte notevole.

Nella figura sono indicate tutte le caratteristiche costruttive. Il materiale usato è il paniforte di pioppo. Il filtro bifonico è il Lesa mod. E800 FD. Gli altoparlanti sono anch'essi Lesa; quello maggiore è il mod. E 300 W, con frequenza di risonanza di 35 c/s; quello a tromba è il mod. E 100 TU; i tre altoparlanti piccoli sono del mod. Dm 14356. Questi ultimi sono disposti nell'interno della cassa armonica in modo che i due laterali divergano di 15 cm rispetto quello centrale.

L'amplificatore ad alta fedeltà considerato in questa installazione è il Lesa mod. A 821.

CAPITOLO SESTO

DISCHI, FONORIVELATORI E FONOVALIGIE

1. — IL DISCO NORMALE ED IL DISCO A MICROSOLCO.

L'incisione fonografica.

Sul *disco fonografico* sono incise minuscole onde, la cui forma è molto simile a quella delle onde sonore delle voci e dei suoni registrati. Queste minuscole onde, ampie appena qualche centesimo di millimetro, risultano visibili con una buona lente o al microscopio. Ai suoni bassi corrispondono onde di notevole lunghezza mentre ai suoni acuti corrispondono successioni di onde molto corte, che occupano

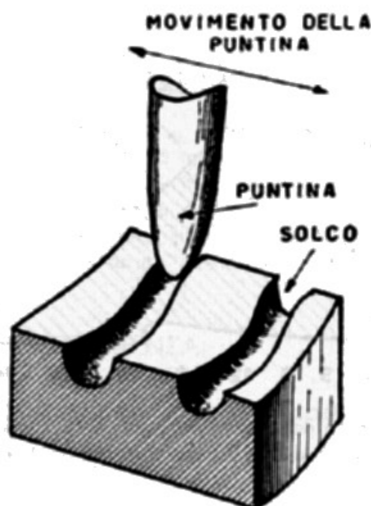


Fig. 6.1. - Le ondulazioni del solco d'incisione mettono in movimento la puntina.

solo un piccolo tratto dell'incisione. L'intensità sonora è determinata dall'ampiezza delle onde incise; maggiore è l'ampiezza, maggiore è anche l'intensità sonora del suono registrato.

Le onde incise sono disposte lungo una *spirale* a spire sottili e strette. È questo il *solco* del disco fonografico. La sua ampiezza è costante durante tutto il percorso.

In assenza di suoni, il solco procede diritto lungo la spira circolare; non appena sono presenti i suoni, il solco si allontana dalla traccia circolare, com-

piendo delle ondulazioni, per cui la spira è ondulata anzichè « liscia ». Le voci e i suoni registrati consistono in deviazioni laterali del solco. In altri termini, le minuscole onde non sono tracciate sul fondo del solco, ma è il solco stesso che devia e le descrive ai due lati della traccia circolare che seguirebbe, in loro assenza.

È questa l'*incisione laterale* che ha sostituito da alcuni decenni l'*incisione in profondità*, iniziata da Edison su cilindri di cera, e quindi continuata sui primi dischi. Con l'incisione antica, in profondità, le spire erano tutte circolari, liscie, senza ondulazione; la modulazione consisteva nella variazione di profondità del solco. Con

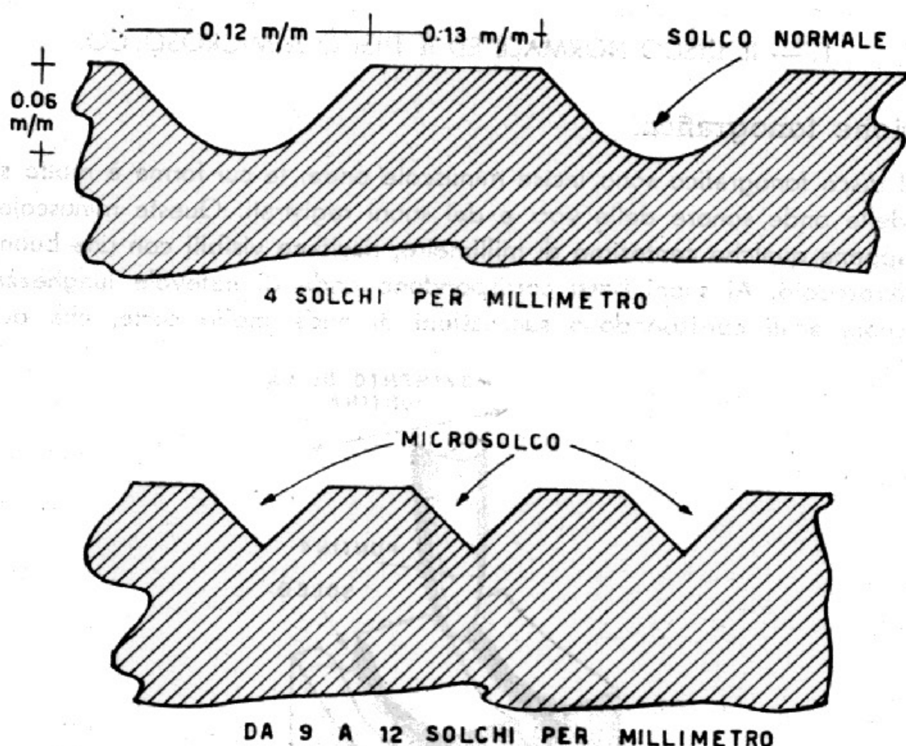


Fig. 6.2. - In alto, il solco dei dischi normali, a 78,26 giri al minuto; in basso, il microsolco dei nuovi dischi a lunga durata, 33,3 ed a 45 giri al minuto.

l'incisione moderna, laterale, la profondità del solco è costante, mentre le spire non sono più lisce bensì ondulate.

La massima deviazione laterale del solco, corrispondente alla più alta intensità sonora registrabile, un po' inferiore ai 6,5 centesimi di mm, ciò per il fatto che le spirali contigue, in assenza di modulazione, distano, come detto, di 13 centesimi di mm.

La lunghezza delle onde d'incisione non è la stessa su tutta la spirale del disco, ma varia notevolmente. Nei dischi a 78,26 giri al minuto, la spirale esterna, quella d'inizio, passa sotto la puntina alla velocità di circa 1300 mm al secondo, se il diametro dei dischi è di 30 centimetri. La spirale interna, quella finale, passa sotto la puntina a velocità proporzionalmente minore, di circa 400 mm al secondo.

Sulla spirale esterna dei dischi di 30 cm, ad un suono alla frequenza di 500 c/s corrispondono onde d'incisione di 2,6 mm, come indica la fig. 6.3; la lunghezza d'onda risulta dalla velocità in mm divisa per la frequenza in cicli, per cui 1300 : 500 = 2,6. Sulla spirale interna allo stesso suono di 500 c/s corrisponde un'onda molto più corta, di 400 : 500 = 0,8 mm.

Alla frequenza di 5000 c/s sulla spirale interna del disco corrispondono onde estremamente corte, di appena 400 : 5000 = 0,08 millimetri.

A suoni puri, semplici, corrispondono onde d'incisione di forma sinusoidale perfetta; a suoni complessi corrispondono onde complesse, variamente frastagliate, rappresentanti la risultante della fusione di più suoni.

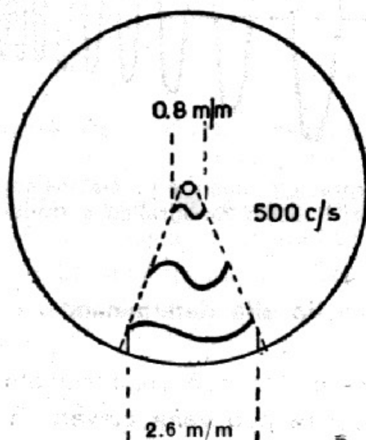


Fig. 6.3. - La lunghezza dell'onda d'incisione non è costante, è maggiore lungo la spirale esterna e minore lungo quella interna.

AMPIEZZA DELL'INCISIONE E FREQUENZA.

L'ampiezza dell'incisione fonografica non è costante per tutte le frequenze; è massima per le frequenze basse e minima per le frequenze alte. Suoni della stessa intensità determinano ampie incisioni se bassi, e incisioni ridottissime se acuti. L'ampiezza dell'incisione fonografica è inversamente proporzionale alla frequenza dei suoni incisi; questa è una delle sue caratteristiche fondamentali.

La fig. 6.4 illustra come varia in ampiezza l'incisione fonografica al variare della frequenza, quando l'intensità sonora è costante.

L'incisione di un suono alla frequenza, ad es., di 500 cicli è di ampiezza doppia del suono, della stessa intensità, alla frequenza di 1000 cicli; ed è la metà dell'ampiezza dell'incisione di un suono alla frequenza di 250 cicli. Al raddoppio della frequenza, corrisponde il dimezzamento dell'ampiezza.

(Un filo metallico di una certa lunghezza può venir piegato in modo da raffigurare un'onda ampia, ad es., 10 centimetri; lo stesso pezzo di filo metallico può anche venir piegato in modo da raffigurare due onde, anzichè una sola, però queste

due onde non potranno essere alte 10 cm, saranno alte 5 centimetri. La lunghezza del filo metallico rappresenta l'intensità del suono inciso; se la lunghezza del filo è costante, l'ampiezza delle onde è inversamente proporzionale alla frequenza.)

La fig. 6.5 illustra quanto detto, e precisamente che ad un'onda corrispondono dieci onde, di ampiezza dieci volte minore.

Ne risulta che i suoni a frequenza bassa determinano incisioni molto ampie,

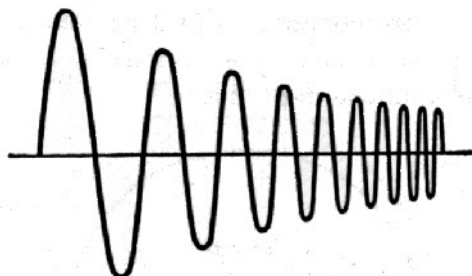


Fig. 6.4. – Più bassa è la frequenza, più ampia è l'incisione corrispondente. Le frequenze basse sono « ingombranti »; il solco fonografico è troppo stretto per esse.

mentre i suoni a frequenza molto alta determinano incisioni molto ristrette, di minima ampiezza.

(Infatti, uno stesso pezzo di filo può venir curvato in modo da rappresentare un'onda sola, come detto, oppure può venir curvato in modo da rappresentare un centinaio di ondine. Poichè la lunghezza del filo è sempre la stessa, le cento ondine

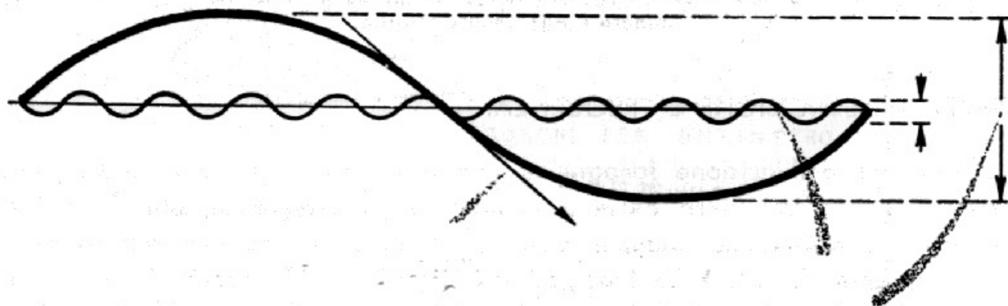


Fig. 6.5. – Ad un'onda d'incisione di una data ampiezza possono corrispondere dieci onde, ma di ampiezza dieci volte minore. Alle frequenze molto alte corrispondono ampiezze estremamente ridotte.

sono necessariamente molto meno ampie dell'onda sola, ottenuta curvando il filo.)

In altri termini: l'ampiezza dell'incisione fonografica è inversamente proporzionale alla frequenza del suono inciso. Maggiore è la frequenza, minore è l'ampiezza dell'incisione. Questo, naturalmente, a parità di intensità sonora.

All'atto della riproduzione del disco, i suoni vengono riprodotti uniformemente.

Ossia, tanto un suono basso quanto un suono alto vengono riprodotti con la stessa intensità sonora, quella d'incisione, benchè l'ampiezza d'incisione sia molto diversa. In pratica, dunque, il fatto che i suoni bassi vengano ampiamente incisi, e i suoni alti vengano minimamente incisi, non ha alcuna importanza, poichè tanto gli uni quanto gli altri vengono riprodotti con la stessa intensità sonora, ossia come sono stati incisi.

La fig. 6.6 indica, a sinistra, come varia l'ampiezza dell'incisione al variare della



Fig. 6.6. – Incisione e riproduzione delle varie frequenze.

frequenza, mantenendo costante l'intensità sonora. Tale variazione è indicata con una retta inclinata. La stessa figura indica, a destra, come varia la tensione all'atto della riproduzione sonora, rispetto alla frequenza. Come detto, benchè l'ampiezza vari, la tensione rimane inalterata, quindi è indicata con una retta orizzontale. La riproduzione risulta, cioè, lineare.

Caratteristiche basilari dell'incisione.

L'incisione fonografica uniforme di tutte le frequenze della gamma musicale è impossibile, essendo la stessa molto vasta, ed essendo l'ampiezza dell'incisione

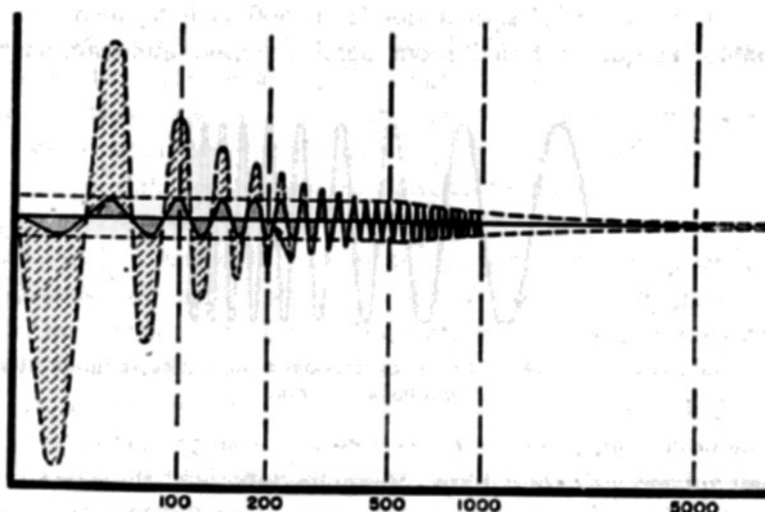


Fig. 6.7. – Questa figura illustra l'impossibilità di incidere su dischi fonografici tutte le frequenze musicali, poichè le basse escono notevolmente dal solco, e le alte determinano ampiezze insufficienti.

inversamente proporzionale alla frequenza. Se vengono incisi bene i suoni bassi, non è più possibile incidere bene quelli alti, e viceversa.

La massima deviazione laterale della puntina è un po' minore della distanza tra due spirali; se questa massima deviazione viene riservata ai suoni bassi, molto forti, alla frequenza di 100 cicli, ai suoni a 200 cicli, della stessa intensità, non rimane che metà di questa massima deviazione, e ai suoni a 400 cicli solo un quarto di essa. Così ai suoni a 800 cicli rimane appena un ottavo, a quelli a 1600 cicli un sedicesimo, a quelli a 3200 cicli un trentaduesimo, e a quelli a 6400 cicli solamente un sessantaquattresimo. Un sedicesimo dell'ampiezza massima della deviazione laterale della puntina è già difficilmente superabile; un trentaduesimo e un sessantaquattresimo sono del tutto insufficienti.

Non rimane che partire da una frequenza più alta, quella di 500 cicli al posto di quella di 100. In tal modo è possibile incidere anche suoni alti e forti, con lo svantaggio però di non poter incidere adeguatamente tutti i suoni bassi.

La fig. 6.7 illustra come avviene l'incisione dei suoni, con notevole attenuazione dei suoni bassi, i quali risultano troppo « ingombranti ». In figura è illustrato come ai suoni più bassi corrispondano ampiezze enormi, rispetto alla massima ampiezza ammissibile, per cui essi devono venir fortemente attenuati. La frequenza di 500 cicli segna il confine tra i due tipi di incisione, quella con attenuazione e quella senza. La prima, quella che costringe le varie ampiezze sonore entro il limite massimo tollerabile, è detta *ad ampiezza costante;* va dalle frequenze più basse sino alla frequenza di 500 cicli. La seconda, quella senza attenuazione, è detta *a velocità costante.*

AMPIEZZA COSTANTE.

La fig. 6.8 illustra come vengono incisi i suoni bassi, dalla frequenza più bassa, intorno ai 24 cicli al secondo, sino a quella di 500 cicli al secondo. La loro ampiezza è costante, in quanto tutti i suoni bassi vengono attenuati, tanto più fortemente attenuati quanto più sono bassi. Vengono tutti livel.ati in modo che la loro ampiezza corrisponda a quella dei suoni a frequenza di 500 c/s.

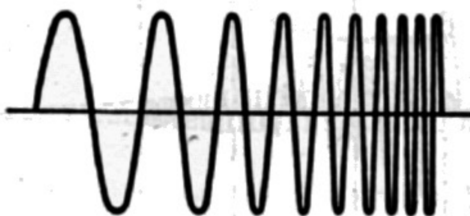


Fig. 6.8. – Per evitare che le frequenze basse escano dal solco, esse vengono attenuate al livello di quella a 500 c/s.

In tal modo, alla frequenza di 500 c/s corrisponde la massima ampiezza d'incisione ammissibile, data la larghezza del solco. Tutte le frequenze più basse usci-

rebbero dal solco, in quanto di ampiezza eccessiva, come indicato dalla figura precedente, se non venissero automaticamente attenuate, con adatti filtri posti all'entrata dell'apparecchiatura di incisione.

Sarebbe possibile evitare l'attenuazione dei suoni bassi, aumentando convenientemente la larghezza del solco. Sarebbe possibile, ad es., limitare l'attenuazione ai soli suoni sotto i 125 c/s, allargando il solco; ma in tal caso la durata



Fig. 6.9. - In seguito all'attenuazione delle frequenze basse, all'atto dell'incisione, la fig. 6.6. assume questo nuovo aspetto.

d'incisione risulterebbe ridotta alla sola quarta parte; anzichè essere di 10 minuti, ad es., risulterebbe di appena due minuti e mezzo.

L'incisione fonografica, come è attualmente, rappresenta un compromesso tra l'accurata riproduzione dei suoni bassi e la durata di riproduzione.

La fig. 6.9 illustra graficamente quanto detto. A sinistra è indicato come varia l'ampiezza dell'incisione al variare della frequenza; a destra è indicato come varia la tensione all'atto della riproduzione del disco.

Attenuazione dei toni bassi, rinforzo dei toni alti.

Affinchè l'incisione fonografica risulti quanto più fedele è possibile, è necessario che essa comprenda anche le armoniche superiori dei suoni, le quali sono la loro ricchezza, in quanto consentono la distinzione tra i diversi strumenti musicali. Le armoniche superiori si trovano verso l'estremo alto dello spettro acustico, proprio in quella parte che è difficile incidere sui dischi, in quanto ad essa corrispondono, come detto, ampiezze assai ridotte.

Per poter incidere anche le armoniche superiori dei suoni, ossia le frequenze molto alte, si provvede ad amplificare queste frequenze, diversamente l'incisione risulterebbe di ampiezza insufficiente. Tanto più alte sono le frequenze da incidere, tanto maggiore è il « rinforzo » necessario.

Mentre un tempo venivano incise solo frequenze sino a 4000 cicli/secondo, attualmente è possibile incidere anche frequenze acustiche estremamente elevate, sino a 15 000 cicli/secondo, adeguatamente rinforzate. La riproduzione sonora non può avvenire senza una adeguata correzione, diversamente i toni alti risulterebbero troppo forti, tanto da riuscire intollerabili; si provvede perciò ad applicare all'uscita del pickup un *filtro equalizzatore*. In altri termini, all'atto della riproduzione le fre-

quenze alte vengono attenuate esattamente di quanto sono state rinforzate all'atto dell'incisione.

Poichè il fruscio della puntina è molto forte alle frequenze elevate, e cresce con l'aumentare della frequenza, è indispensabile provvedere ad eliminarlo, diversamente esso toglie ogni vantaggio dell'incisione delle frequenze alte. L'eliminazione totale non è possibile, è possibile solo una forte riduzione del fruscio, ciò con il migliorare il *rapporto segnale-disturbo*.

Anzichè rinforzare le frequenze elevate quanto sarebbe sufficiente, esse vengono rinforzate molto di più. All'atto della riproduzione, il filtro equalizzatore elimina for-

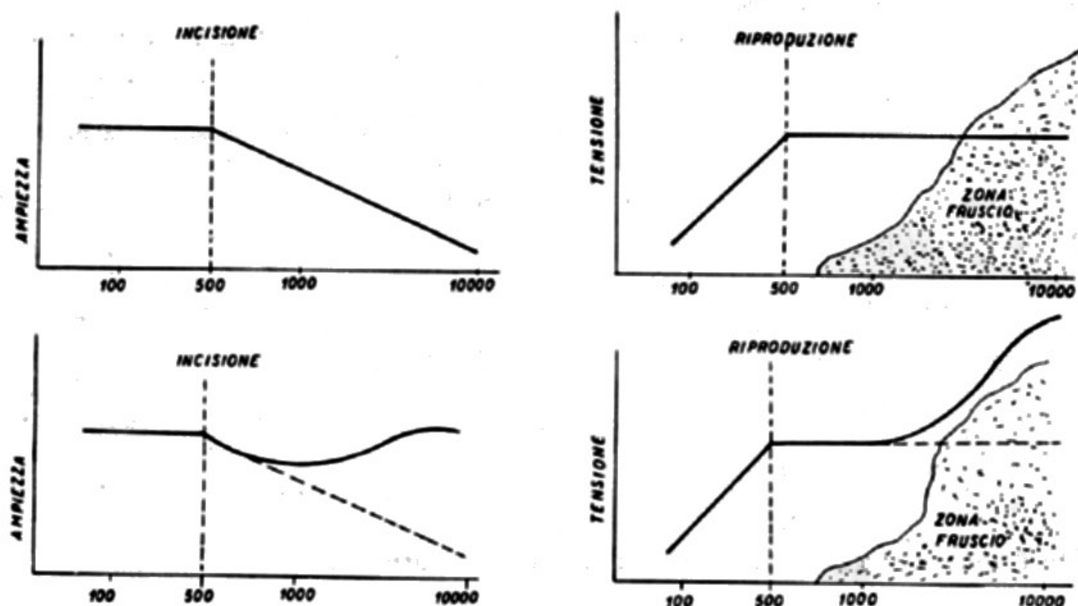


Fig. 6.10. – In alto: una parte delle frequenze alte penetra nella zona fruscio e risulta perduta. In basso: le frequenze alte vengono fortemente amplificate in modo da non entrare nella zona fruscio.

temente le frequenze elevate e con esse elimina anche il fruscio. Poichè però le frequenze elevate sono state fortemente amplificate, esse rimangono al livello naturale mentre il fruscio risulta sotto tale livello, tanto da non risultare percettibile.

La fig. 6.10 illustra graficamente quanto detto. La retta orizzontale corrispondente alla uniforme riproduzione dei suoni incontra, ad un certo punto, la barriera-fruscio, e si inoltra nella zona fruscio. Questa parte dell'incisione risulta inutilizzabile.

La curva di equalizzazione.

L'amplificazione delle frequenze alte da incidere, avviene secondo una certa curva, come indicato dalla fig. 6.10, per seguire la forma della « zona fruscio ». Questa particolare amplificazione secondo una linea curva viene ottenuta facilmente,

mediante un filtro costituito da resistenze e capacità, presente nell'amplificatore dell'apparecchiatura d'incisione.

La forma precisa della curva risulta da esperimenti pratici, e dipende molto dalla natura del materiale impiegato per i dischi.

All'atto della riproduzione dei dischi occorre provvedere all'operazione inversa, ossia occorre attenuare le frequenze alte secondo la stessa curva, detta *curva di equalizzazione*.

La fig. 6.11 illustra l'andamento che avrebbe la tensione ai capi del fonorivelatore, all'atto della riproduzione dei dischi, se non si provvedesse alla attenuazione delle frequenze alte e, eventualmente, al rinforzo delle frequenze basse.

La riproduzione deve essere lineare, per essere fedele. Affinchè risulti lineare, nonostante le attenuazioni e le amplificazioni apportate durante l'incisione, occorre

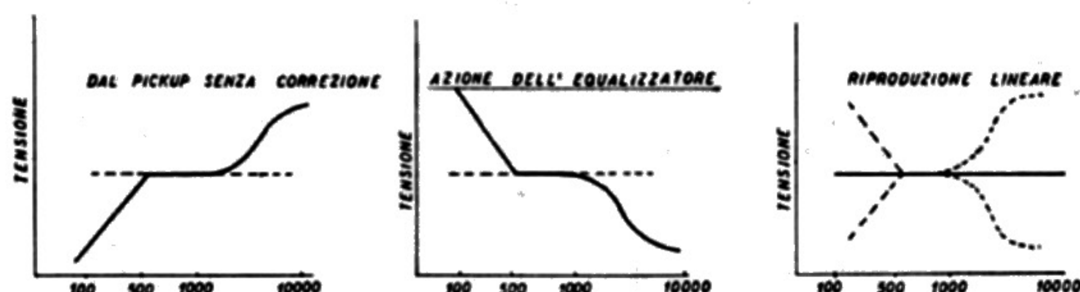


Fig. 6.11. - Espressione grafica relativa all'attenuazione delle frequenze basse (fig. 6.8.), e dell'amplificazione di quelle alte (fig. 6.10.).

provvedere alla equalizzazione, ossia ad equalizzare l'amplificazione, elevando quella dei suoni bassi e riducendo quella dei suoni alti.

Al centro della stessa figura è indicata l'azione dell'equalizzatore, usato per la riproduzione dei dischi. La sua azione consiste nel ridurre a circa la metà l'amplificazione corrispondente alla frequenza a 500 c/s, in modo da poter utilizzare l'altre metà per rinforzare i suoni bassi; inoltre tale azione consiste nell'attenuare i suoni sotto quelli a 500 c/s, in modo da riportarli alla linearità.

A destra, nella figura, è indicato come avviene la riproduzione sonora in seguito all'equalizzazione; essa risulta praticamente lineare a tutte le frequenze, dalle più basse alle più alte.

Il filtro equalizzatore necessario a tale scopo, è posto all'entrata dell'amplificatore, oppure dopo il primo stadio di amplificazione. Esso consiste di qualche resistenza, per cui risulta molto semplice. È più complesso negli apparecchi ad alta fedeltà, ai quali è richiesta una riproduzione sonora effettivamente lineare. È ridotto al minimo nei piccoli apparecchi e nelle fonovaligie, per i quali l'esatta equalizzazione non sarebbe neppure apprezzabile.

Curve standard d'incisione fonografica.

La curva caratteristica di come avviene l'attenuazione dei toni bassi e il rinforzo dei toni alti dipende da fattori diversi, tra i quali il materiale del disco, il numero di spire per centimetro e la velocità del disco. Un tempo ciascun editore di dischi fonografici provvedeva ad effettuare le incisioni secondo una curva caratteristica che sceglieva in base ai suddetti fattori. In seguito divenne evidente la necessità di adottare un'unica curva attenuazione/rinforzo per tutte indistintamente le incisioni. Fu nel 1949 che venne adottato un primo standard internazionale, detto AES (da Audio Engineering Society).

La curva attenuazione/rinforzo adottata internazionalmente nel 1949 non presentava più alcun tratto rettilineo. Verso la frequenza di 500 cicli/secondo aveva termine la fine dell'attenuazione dei bassi e l'inizio del rinforzo degli alti.

Quando apparvero i primi dischi a microsolco, la curva standard AES non risultò più adatta per le nuove incisioni. I dischi a microsolco vennero incisi secondo una nuova curva, detta Columbia LP (da Long Playing). In base a questa nuova curva, i toni bassi vennero meno attenuati, mentre i toni alti vennero maggiormente rinforzati.

Intanto un'altra curva standard venne adottata per i dischi destinati alle stazioni radiofoniche; tale nuova curva venne detta NAB (da National Association of Broadcasting). La fig. 6.12 riporta queste due curve attenuazione/rinforzo, quella detta

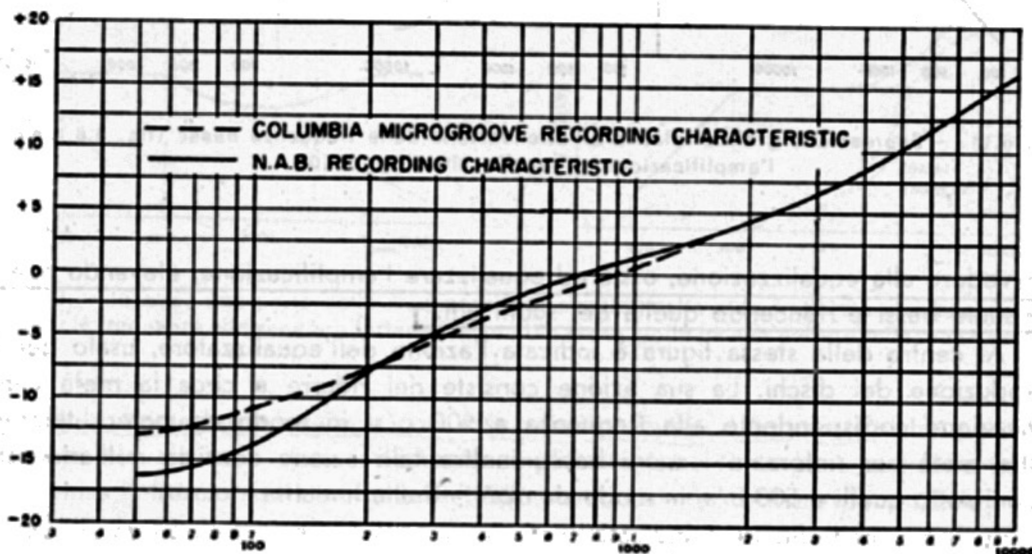


Fig. 6.12. - Curve relative all'attenuazione bassi e amplificazione alti effettuate all'atto dell'incisione di dischi a microsolco Columbia e NAB.

Columbia LP per i dischi a microsolco, tracciata a tratto pieno, e quella detta NAB, per i dischi destinati alla trascrizione elettrica, tracciata a tratto interrotto.

Poichè per ciascuna curva attenuazione/rinforzo deve corrispondere un particolare filtro-equalizzatore all'uscita del riproduttore fonografico, con la diffusione dei dischi a microsolco, divenne indispensabile stabilire un nuovo standard, adatto

per tutti i nuovi dischi. Il nuovo standard entrò in vigore nel 1954; venne denominato standard RIAA (da Record Industry Association of America).

Il nuovo standard costituisce una via di mezzo tra il vecchio standard AES e il Columbia LP. Esso è riportato dalla fig. 6.13; mentre la fig. 6.12 ha riportato gli

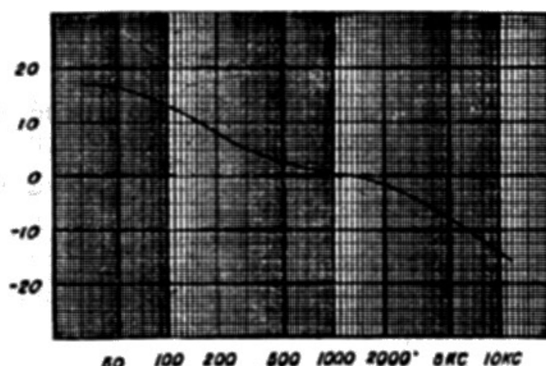


Fig. 6.13. - Curva standard di attenuazione bassi e amplificazione alti, utilizzata per tutti i dischi di recente edizione. La curva è quella di egualizzazione per la riproduzione dei dischi, ed è perciò eguale ed opposta a quella d'incisione.

standard Columbia LP e NAB usati per l'incisione, la fig. 6.13 riporta lo standard RIAA usato per la riproduzione; per questa ragione l'inclinazione delle curve è opposta. Le due curve, quella d'incisione e quella di riproduzione, sono eguali ed opposte, come detto.

La tabella sottostante riporta le attenuazioni dei bassi e i rinforzi degli alti, espressi in decibel, corrispondenti ai tre standard, l'AES, il Columbia LP e il nuovo standard internazionale RIAA.

Frequenza	RIAA	AES	Columbia	Frequenza	RIAA	AES	Columbia
	(db)	(db)	(db)		(db)	(db)	(db)
30	+18.6	+22,5	+14.0	2.000	—2.6	—2.2	—3.0
50	17.0	18.0	13.3	3.000	4.8	4.0	5.5
70	15.3	15.0	12.5	4.000	6.6	5.5	7.8
100	13.1	12.0	11.0	5.000	8.2	6.7	9.5
200	6.2	6.5	8.0	6.000	9.6	8.0	11.0
300	5.5	4.5	5.5	7.000	10.8	9.0	12.5
400	3.8	3.0	4.0	8.000	11.9	10.0	13.5
500	2.7	2.0	3.0	9.000	12.9	11.0	14.5
600	1.8	1.5	2.0	10.000	13.7	12.0	15.5
700	1.2	1.0	1.5	11.000	14.5	13.0	16.3
800	0.7	0.5	1.0	12.000	15.3	13.5	17.0
900	0.2	0.2	0.5	13.000	16.0	14.0	17.3
1.000	0	0	0	14.000	16.6	15.0	17.5
				15.000	17.2	15.5	—

Oltre ai dischi con i tre standard indicati, ve ne sono altri con standard diverso; sono i vecchi dischi a 78 giri per i quali è stato utilizzato uno standard particolare, e, meno importanti, alcuni dischi a microsolco di edizione inglese. I tre standard principali sono: l'AES per i vecchi dischi, l'RIAA per tutti i nuovi dischi a microsolco, e quello usato per i dischi a 78 giri.

Dischi a microsolco.

I *dischi a microsolco*, detti anche *dischi LP* (da *long playing*), presentano il doppio vantaggio di una maggior durata e di una più alta qualità della riproduzione sonora, senza fruscio. La durata di un disco a microsolco da 30 centimetri è di 28 minuti per ciascuna facciata. Inoltre, mentre la gamma sonora incisa sui dischi comuni è limitata, poichè la massima frequenza difficilmente raggiunge i 5000 c/s, la gamma sonora incisa sui dischi a microsolco è praticamente intera, essendo possibile la registrazione di frequenze superiori ai 10 000 c/s.

La maggior durata della riproduzione sonora è dovuta: *a*) alla minor velocità di rotazione, *b*) alla minore larghezza del solco.

La velocità di rotazione dei dischi a microsolco è di 33,3 giri al minuto per quelli incisi con il sistema Columbia, e di 45 giri al minuto per quelli incisi con il sistema RCA-Victor. Mentre sui dischi comuni, a 78,26 giri al minuto, vi sono 4 solchi per millimetro, su quelli a microsolco ve ne sono da 9 a 12. L'ampiezza del solco è ridotta in proporzione, come indica la fig. 6.2.

Dato il maggior numero di solchi, la spirale complessiva d'incisione risulta molto più lunga; la maggior lunghezza della spirale e la minore velocità di rotazione del disco fanno sì che la durata risulti da 5 a 6 volte maggiore di quella ottenibile con disco comune, a solco ampio e ad alta velocità di rotazione.

Il nuovo tipo di incisione fonografica è conseguenza di due perfezionamenti, uno relativo ai nuovi sistemi di registrazione e di riproduzione dei suoni su disco, e l'altro relativo ai nuovi materiali usati per i dischi, tra i quali particolarmente la Vinylite, un materiale plastico infrangibile, a granulosità estremamente fine.

In seguito a questi perfezionamenti è stato possibile ridurre fortemente l'ampiezza del solco, rendere più fine l'incisione fonografica e quindi consentire registrazioni di una estesissima gamma di frequenze.

Essendo il solco più stretto, è minore anche la distanza tra un solco e l'altro, quindi è minore l'ampiezza massima dell'ondulazione del solco stesso, per cui il livello sonoro d'incisione è più basso da 4 a 6 decibel, rispetto quello ad incisione normale.

Le comuni puntine non sono adatte per i dischi a microsolco; ciò non per il fatto che esse siano troppo grosse, dato che facilmente potrebbero venir appuntite di più, ma perchè pesano troppo, ed il portapuntina risulta anch'esso troppo pesante. Il sistema vibrante puntina-portapuntina dei comuni rivelatori fonografici (pickup) non è in grado di seguire fedelmente l'incisione a microsolco; è necessario un sistema vibrante molto più leggero, costituito da un sottile *stilo permanente*. I dischi a microsolco vanno suonati soltanto con rivelatori *a stilo*.

Essendo permanente, lo stilo è provvisto di *punta di zaffiro* o di *diamante*. Si tratta di una sferetta quasi microscopica, fissata all'estremità dello stilo, il quale non è d'acciaio ma di lega metallica leggera. Sono in uso stili di nylon con punta di zaffiro.

Mentre con i dischi comuni la puntina d'acciaio può venir adoperata una sola volta, quella di cromo 10 volte, quella di osmio 200 volte, con i dischi a microsolco lo stilo a punta di zaffiro può venir usato 2500 volte e quello a punta di diamante 50 000 volte. Lo stilo ha lo svantaggio, rispetto alla puntina, di essere più facilmente danneggiato per urto od altro incidente; la punta di zaffiro è più delicata, a tale riguardo, di quella di diamante. Quasi tutti i rivelatori sono provvisti di un riparo per lo stilo.

L'*assenza di fruscio* durante la riproduzione dei dischi a microsolco è dovuta alla quasi nulla granulosità della pasta del disco ed alla finezza dell'incisione, oltre che alla leggerezza dello stilo usato in sostituzione della puntina. Eliminato il fruscio, è stato possibile estendere molto in avanti la gamma delle frequenze incise, tanto da dare il « senso di presenza » all'ascoltatore.

La riproduzione di dischi a microsolco richiede oltre al rivelatore a stilo di tipo



Fig. 6.14. - Alcuni stili permanenti usati per la riproduzione dei dischi a microsolco (N = nylon).

adeguato, tale da poter effettivamente riprodurre frequenze sino ed oltre i 10 000 cicli/secondo, anche un complesso d'amplificazione e riproduzione sonora di classe corrispondente.

DISCHI A 45 GIRI AL MINUTO. — I dischi a 45 giri al minuto vennero lanciati negli Stati Uniti nella primavera del 1949, da parte della RCA-Victor. Hanno la caratteristica di essere tutti di piccolo diametro, di pollici 6 e 7/8 pari a 17,46 centimetri, con foro centrale molto largo, di 1,5 pollici pari a 38 millimetri. Contengono 275 solchi per pollice d'incisione.

Sono a 45 giri al minuto per il fatto che la velocità inferiore, a 33,3 giri, non è adatta per dischi di piccolo diametro, ma solo per dischi di diametro maggiore, di 25 o 30 centimetri. Dato il diametro di 17,46 centimetri, la velocità è stata portata da 33,3 a 45 giri. Il foro centrale molto largo è previsto per l'utilizzazione di un apposito cambiadischi automatico, lanciato dalla RCA-Victor insieme con i nuovi dischi, del quale la fig. 6.15 illustra l'aspetto esterno.

Una caratteristica dei dischi a 45 giri, oltre al piccolo diametro e al largo foro centrale, è costituita dalla banda d'incisione stretta e confinata verso l'orlo del disco; spesso questa banda d'incisione non è più larga di 2,5 centimetri. In tal modo sono eliminate tutte le spire strette, quelle che nei dischi a 78,26 giri sono comprese tra la spira centrale e la spira finale, lungo le quali è difficile incidere frequenze sonore ele-

vate, data la piccola disponibilità di spazio lungo ciascuna spira, resa ancora minore per la bassa velocità di rotazione.

Un'altra caratteristica dei dischi a 45 giri consiste nello spessore non uniforme; tutta la parte incisa di tali dischi è di spessore minore del comune, come indica la

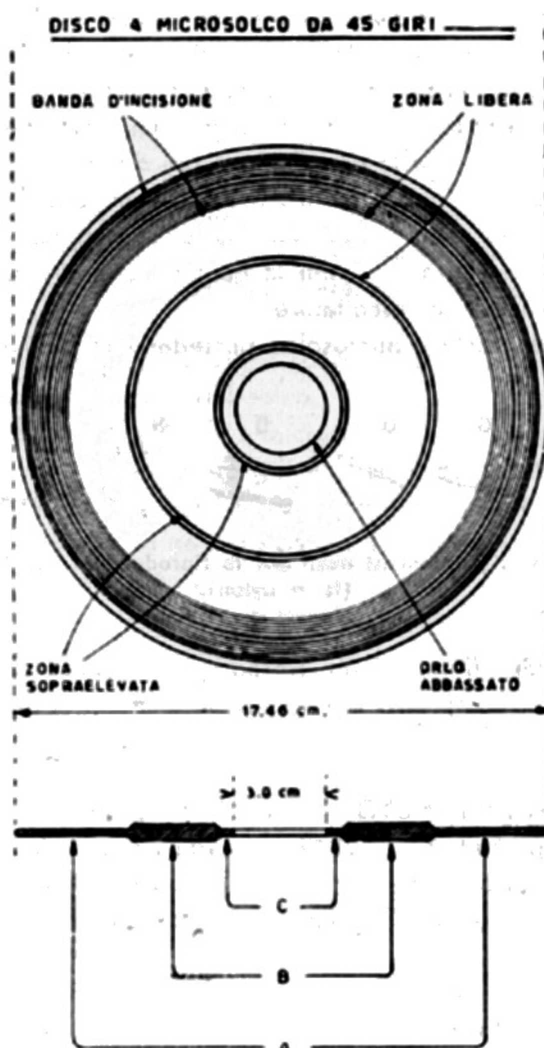


Fig. 6.15. - Caratteristiche dei dischi a microsolco a 45 giri al minuto (vedi anche la figura 6.47).

fig. 6.15 in *A*), mentre a spessore circa come il comune è tutta la parte compresa tra la fine dell'incisione e l'orlo del foro centrale, come in *B*); l'orlo del foro è allo stesso spessore della parte incisa, come in *C*). Queste variazioni di spessore sono opportune dato che i dischi a 45 giri sono particolarmente adatti per cambiadischi automatico; in tal modo la parte incisa dei dischi non viene danneggiata, mentre il minor spessore

dell'orlo consente alle palette del cambiadischi di provvedere alla selezione dei dischi stessi, senza deteriorarli, come si vedrà meglio in seguito.

La velocità della puntina nella spira finale (velocità lineare interna) è di 31,5 centimetri al secondo; essendo l'incisione limitata ad una stretta banda verso l'orlo esterno dei dischi, rimane molta superficie senza incisione; in alcuni dischi questa superficie è utilizzata per incisione di canzonette popolari e musica per bambini, generi che non richiedono alta qualità di riproduzione sonora, la quale è però egualmente superiore a quella ottenibile con i dischi a 78,26 giri al minuto. In tal modo un disco a 45 giri può portare quattro diverse incisioni, le due principali, a spira larga, e le due secondarie, a spira stretta. La velocità lineare interna dell'incisione secondaria è di 25 centimetri per secondo.

I dischi a 45 giri non sono dei *long playing*, sono soltanto dei dischi a microsolco, di piccolo diametro e adatti per cambiadischi; la durata di una incisione principale è di 5 minuti ed un terzo, pari a quella dei comuni dischi a 78,26 giri, di diametro medio. Il cambiadischi consente un carico di 8 dischi, per cui la durata complessiva dell'audizione risulta di 50 minuti, senza che sia necessario alcun intervento manuale, e di un'ora e 40 minuti capovolgendo la pila di dischi.

Anche questi dischi sono in vinylite, quindi infrangibili, curvabili, lucidi, a più colori, senza fruscio entro tutta la gamma d'incisione, eccezionalmente ampia. La qualità musicale è senza confronto rispetto quella ottenibile con i dischi a 78,26 giri al minuto. Il passaggio da un disco all'altro è rapidissimo, di appena un secondo ed un terzo, ossia la quarantacinquesima parte di un minuto, dato che il passaggio dalla fine di un disco all'inizio del successivo corrisponde esattamente una rotazione del piatto rotante.

DISCHI A 16 GIRI AL MINUTO. — Per la registrazione fonografica di brani di prosa e poesia, di intere opere drammatiche, di corsi di lingue estere, e in genere per la registrazione del parlato, vengono usati dischi a velocità ridottissima, di metà di quella dei dischi a microsolco per incisioni musicali, ossia a 16 giri e due terzi al minuto. Si tratta sempre di dischi a microsolco, del tipo da 300 solchi per pollice. Un intero dramma teatrale può venir inciso sulle due faccie di un solo disco.

VELOCITA'; SOLCO E DURATA.

La velocità dei dischi fonografici era un tempo una sola, quella di 78 giri al minuto; attualmente vi sono dischi a 16 giri, a 33,3 giri, a 45 giri, oltre a quelli a 78 giri al minuto.

Sono in uso dischi di quattro diametri diversi: da 17,7 cm (7 pollici), da 25,4 cm (10 pollici), da 30,5 cm (12 pollici) e da 40,6 cm (16 pollici).

Il solco è largo 0,12 mm nei dischi a 78 giri; le spire sono distanziate le une dalle altre, in assenza di modulazione, di 0,13 millimetri. In media vi sono quattro solchi per millimetro, nei dischi a 78 giri, e da 9 a 12 solchi per millimetro nei dischi

più lenti. La larghezza del solco dei dischi « lenti » è notevolmente minore di quella dei dischi a 78 giri.

Alla velocità di 78 giri al minuto, a ciascuna spira d'incisione corrisponde una durata della riproduzione sonora di circa 3/4 di secondo; alla velocità di 33,3 giri, la durata è di 2 secondi, ciò sia per il maggior numero di microsolchi dei dischi « lenti », sia per la maggior durata di riproduzione di ciascuna spira,

Il numero di spire per pollice era da 85 a 98 sino al 1925; negli attuali dischi a 78 giri è compreso tra un minimo di 96 e un massimo di 154; nei dischi « lenti » va da 96 ad un massimo di 300 microsolchi per pollice. La tabella sottostante riporta la durata della riproduzione sonora dei principali dischi attualmente in uso.

DURATA DELLA RIPRODUZIONE SONORA IN MINUTI

Solchi per pollice	Giri al minuto	Diametro del disco			
		40 cm	30 cm	25 cm	18 cm
96	78	$6^1/_2$	4	$2^3/_4$	—
112	78	$7^1/_2$	$4^1/_2$	$3^1/_4$	—
120	78	8	5	$3^1/_2$	—
136	78	9	$5^1/_2$	$3^3/_4$	—
154	78	10	6	4	—
275	45	—	—	—	$5^1/_4$
96	$33^1/_3$	14	8	$5^1/_4$	—
112	$33^1/_3$	16	$9^1/_4$	6	—
120	$33^1/_3$	17	$9^3/_4$	6	—
136	$33^1/_3$	18	10	6	—
154	$33^1/_3$	20	11	$6^1/_2$	—
300	$33^1/_3$	—	25	10	5

GIRADISCHI PER MICROSOLCO. — Con i dischi a microsolco, il rapporto segnale-ronzio è maggiore, poichè è minore il livello sonoro inciso; è quindi necessario un accurato schermaggio del motore, affinchè il suo campo magnetico non influenzi il pickup qualora esso sia del tipo magnetico. È per questa ragione che molti complessi di riproduzione a microsolco sono provvisti di pickup a cristallo, in quanto esso non risente la presenza di campi magnetici variabili, quindi non è soggetto a ronzio, nonostante che il suo responso di frequenza non sia bene adatto per dischi a microsolco, come si vedrà meglio in seguito.

Allo scopo di mantenere molto basso il rapporto segnale-ronzio durante la riproduzione di dischi a microsolco, vi è attualmente la tendenza ad adoperare il motore a quattro poli. Risulta utile specie per complessi in custodia di legno o di materiale plastico.

La riduzione di velocità da 78,26 giri, a 45, a 33,3 o a 16,6 giri è ottenuta con un riduttore ad ingranaggi, del tipo indicato in fig. 6.16.

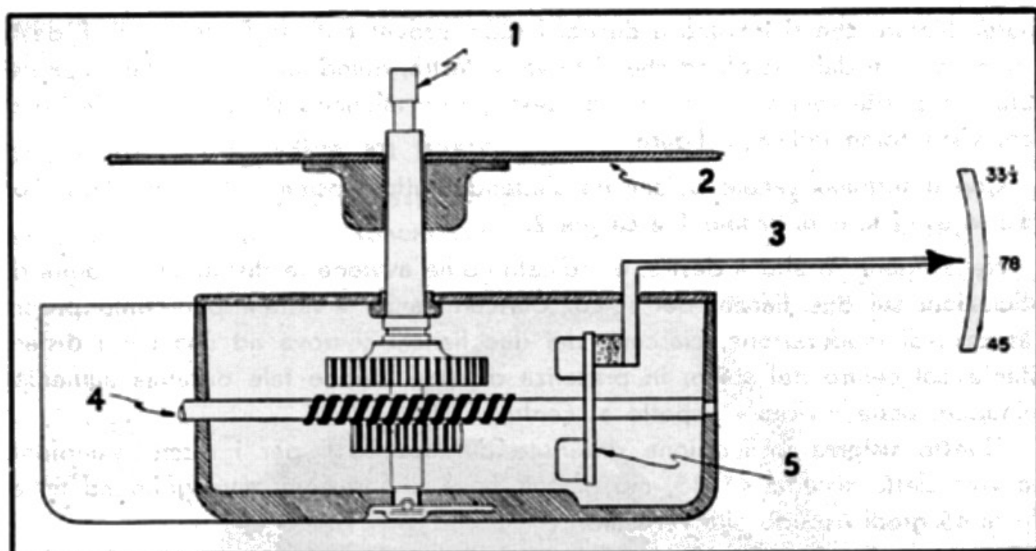


Fig. 6.16. - Il variatore di velocità usato in alcuni giradischi a tre velocità.

DISCHI STEREOFONICI.

La fig. 6.17 illustra il principio dell'incisione stereofonica, ossia della doppia incisione del solco del disco.

Con il termine *canale destro* s'intende tutto l'insieme relativo ai suoni e alle

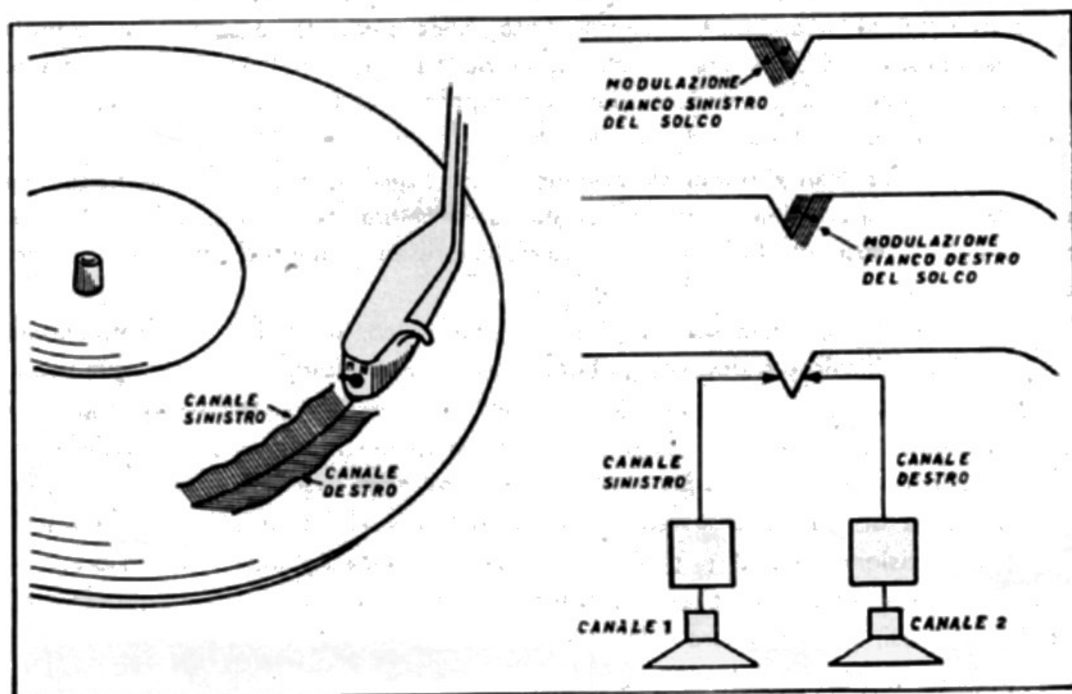


Fig. 6.17.

apparecchiature che si trovano a destra. I suoni provenienti dagli strumenti di destra, vengono captati dal microfono che si trova a destra, quindi amplificati dalle apparecchiature apposite relative al canale di destra, sino all'incisione sul fianco destro del solco, visto come indica la figura.

Con il termine *canale di sinistra* s'intende tutto l'insieme dell'altro lato. Sono anche in uso i termini *canale 1* e *canale 2*.

Nella figura, in alto a destra, è indicato come avviene la distribuzione delle due modulazioni sui due fianchi del solco. Ciascun fianco « vibra » per conto proprio. In assenza di modulazione, ciascuno dei due fianchi si trova ad una certa distanza costante dal centro del solco. In presenza di modulazione tale distanza aumenta e diminuisce, ossia « vibra » rispetto al centro.

Questo sistema di incisione differisce dai due usati per i dischi monofonici; esso vien detto sistema *45/45*, ciò poichè le due vibrazioni avvengono ad un angolo di 45 gradi rispetto alla verticale.

Quando il disco stereo è in movimento, la puntina segue simultaneamente due movimenti, esattamente come avveniva con i primi dischi stereofonici incisi in profondità e lateralmente. Uno dei suoi due movimenti è percepito da uno degli elementi sensibili della *cartuccia stereo;* l'altro suo movimento è percepito dall'altro elemento sensibile della stessa cartuccia stereo. Tale cartuccia è provvista di due uscite, ciascuna delle quali è collegata all'entrata di una delle due sezioni dell'*amplificatore stereo*.

I dischi stereofonici sono simili a quelli a microsolco, dai quali differiscono per la presenza di una doppia incisione fonografica nello stesso solco. Tale doppia incisione consente di ottenere la localizzazione dei suoni nell'ambiente, mediante un adeguato fonorivelatore a due uscite, un doppio amplificatore e due altoparlanti, disposti ad una certa distanza l'uno dall'altro.

In tal modo, con i dischi stereofonici è possibile ascoltare gli strumenti che nell'orchestra si trovano a destra del direttore, separatamente da quelli che si trovano a sinistra, così da ottenere l'illusione della presenza dell'orchestra stessa, entro certi limiti.

La puntina è però una sola. Le incisioni, nel solco, sono due, il fonorivelatore è doppio, l'amplificatore è doppio, gli altoparlanti sono due, ma la puntina è una sola.

In un primo tempo vennero incisi dischi stereofonici approfittando dei due sistemi di incisione, quello antico in profondità, e quello moderno in senso laterale. L'incisione risultava ottima, riproducibile con una sola puntina. Presentava però l'inconveniente di percepire la leggera vibrazione sussultoria del piatto portadischi. Delle due incisioni, quella in profondità risultava danneggiata da tale vibrazione sussultoria del piatto. Era necessario adoperare giradischi particolarmente accurati e quindi costosi, per attenuare tale inconveniente.

Attualmente, invece di utilizzare l'incisione in profondità, si utilizzano due incisioni inclinate, una su ciascun lato del solco, il quale ha la forma di una V. Non

si utilizza nè l'incisione in profondità, nè l'incisione laterale, ma due incisioni simmetriche, una su un fianco, e l'altra sull'altro fianco del solco.

L'incisione fonografica su nastro.

L'incisione fonografica su nastro presenta il notevole vantaggio di consentire lunghe durate di riproduzione sonora con solco normale, ciò che invece risulterebbe

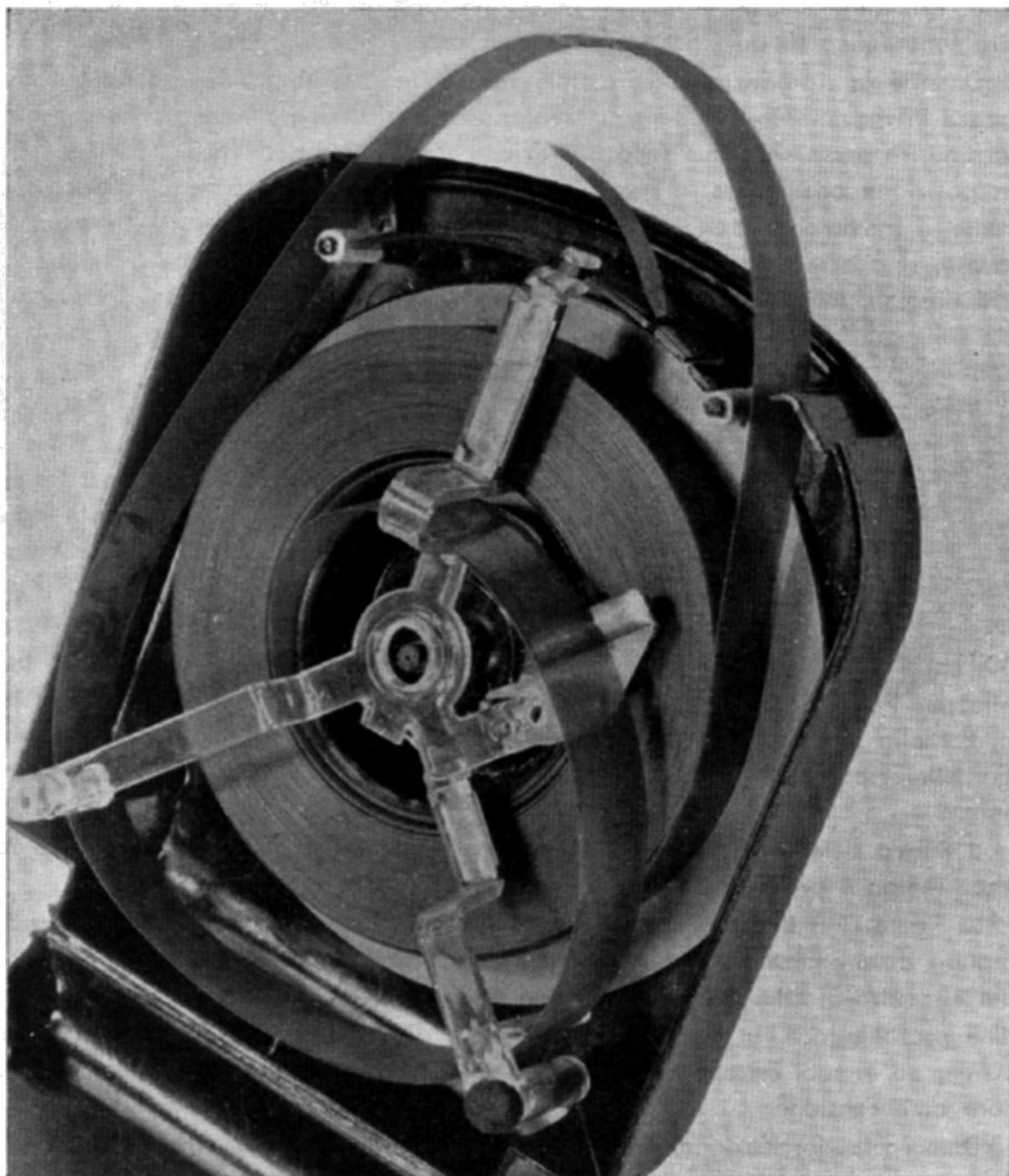


Fig. 6.18. A - Nastro fonografico contenuto entro l'apposita scatola; un tratto del nastro sporge fuori dalla scatola.

impossibile su disco. Il nastro può essere molto lungo, e consentire un'ora intera di riproduzione sonora. È contenuto nell'interno di una scatola di materiale plastico, di dimensioni relativamente modeste.

Uno dei problemi principali da risolvere fu quello di evitare due bobine di nastro, una di carica, l'altra di scarica, e la conseguente necessità di riavvolgere il nastro, alla fine di ogni riproduzione. La soluzione è stata raggiunta con l'impiego di una sola bobina di nastro, a movimento senza fine. Il nastro è chiuso su se stesso e girando si svolge al centro per poi riavvolgersi all'esterno. La fig. 6.18 *A* illustra un nastro fonografico di questo tipo, contenuto entro l'apposita custodia a scatola.

Durante la riproduzione, la scatola rimane ferma, mentre la bobina di nastro è messa in movimento mediante un motorino elettrico. Il tratto di nastro sporgente dalla finestra passa sopra un rullo di trazione. La puntina della testina piezoelettrica è in posizione orizzontale, e poggia sul primo solco, quello superiore, del nastro. Durante il movimento del nastro la puntina è guidata dal solco stesso e scende in basso, sino a raggiungere l'ultimo solco, privo di incisione. Come avviene per i dischi normali, la puntina rimane sull'ultimo solco; per riprendere la riproduzione, basta sollevare la testina piezoeletrica e riportare la puntina nel primo solco, quello superiore.

Il nastro è di altezza normalizzata di 10 mm, e su di esso vi sono 60 solchi fonografici; il nastro gira alla velocità di 45,6 cm al secondo. La lunghezza del nastro può variare da 6 metri sino a 15 metri, a seconda della durata della riproduzione, per cui la lunghezza totale del solco è compresa tra 360 e 900 metri; la durata della riproduzione è di 25 minuti per i nastri da 6 metri e di circa un'ora per quelli da 15 metri.

L'incisione a nastro è stata ideata dal tecnico tedesco Daniel K. di Porz nel 1950. Le ricerche si sono svolte soprattutto allo scopo di trovare una sostanza bene adatta per il nastro; essa consiste in un cloruro di polivenile opportunamente trattato. È molto flessibile e resistente, tanto da consentire molte riproduzioni sonore, senza alterazioni apprezzabili. È calcolata una durata di circa mille riproduzioni sonore.

Il nuovo sistema di incisione a nastro è detto *Tefifon*, dal termine greco *tefi*, nastro. Tefifon è provvisto di testina piezoelettrica con puntina di zaffiro.

La fig. 6.18 *B* illustra l'aspetto esterno di un apparecchio a nastro fonografico completo di amplificatore e altoparlante. La scatola contenente il nastro è ben visibile al centro in alto. Alla sua destra vi è il complesso di trazione del nastro e la testina piezoelettrica. In basso, vi è una scala di vetro con graduazione da uno a sessanta, ed ai suoi estremi vi sono i comandi di volume sonoro, di tono, e l'interruttore di accensione.

Durante la riproduzione, un punto luminoso si sposta sulla scala graduata, da sinistra verso destra; indica il solco su cui si trova la puntina. Ciò è utile, poichè sopra un solo nastro vi possono essere più brani musicali; l'indicazione luminosa consente di scegliere uno qualsiasi di essi. Sollevando la testina piezoelettrica, il



Fig. 6.18B - Apparecchio a nastro fonografico con amplificatore e altoparlante; è ben visibile la scatola contenente il nastro.

punto luminoso si sposta e consente di far aderire la puntina al solco corrispondente all'inizio del brano richiesto.

Il raggio luminoso di una lampadina viene concentrato da una lente sopra un minuscolo specchio, il quale lo riflette sulla scala graduata. La posizione dello

specchio è comandata dalla stessa testina di riproduzione, tramite un dispositivo a leva.

La testina di riproduzione è bilanciata con sistema elastico, per cui la puntina aderisce sempre bene al nastro, anche durante eventuali movimenti dell'apparecchio, per cui la riproduzione è possibile anche in veicoli in movimento.

L'apparecchio può venir predisposto per poter funzionare anche con dischi a tre velocità.

Il repertorio dei nastri fonografici Tefifon comprende già oltre 2000 incisioni.

È adottato dalla Compagnia Generale di Elettricità per i suoi radiofonografi.

Puntine e stili.

L'estremità della puntina non è appuntita, è bensì sferica, come indica la fig. 6.19. Il raggio di sfericità delle puntine varia a seconda del tipo d'incisione e dello stato in cui si trovano i dischi, ed è compreso nei seguenti limiti:

a) puntine per dischi a 78 giri al minuto: *da 0,0575 a 0,06 millimetri*;

b) stili per dischi a 33,3 e a 45 giri al minuto: *da 0,0225 a 0,027 millimetri*;

c) puntine per dischi di vecchia edizione: *da 0,0675 a 0,0775 millimetri.*

Più sottile è la puntina, ossia minore è il raggio di sfericità, maggiore è il detta-

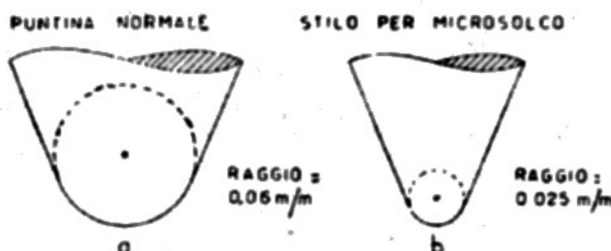


Fig. 6.19. - Caratteristiche delle puntine e degli stili.

glio della riproduzione, però la puntina non deve toccare il fondo del solco, ma essere sostenuta dalle sue pareti, diversamente la riproduzione non è più buona. Nell'esempio a) di fig. 6.20 la puntina è troppo acuta, per cui poggia sul solco; non essendo fermamente trattenuta dalle pareti del solco, ha la possibilità di vibrare, ciò che produce

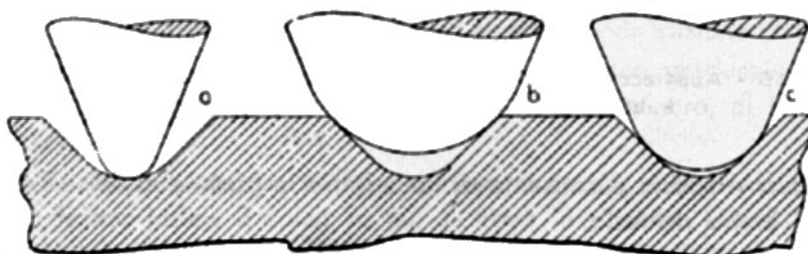


Fig. 6.20. - A) puntina troppo sottile; B) puntina troppo grossa; C) puntina bene adeguata.

forte fruscio nella riproduzione sonora. È quanto avviene quando si adopera una puntina da microsolco per la riproduzione di dischi a solco normale.

Nell'esempio *b*) l'estremità della puntina è troppo grossa, essa non può seguire tutte le sinuosità dell'incisione, per cui la riproduzione risulta scadente. Nell'esempio *c*) la puntina è esattamente quella adatta; non tocca il fondo del solco ed è bene appoggiata sulle sue pareti laterali. In genere, quando si tratta di dischi nuovi è bene adoperare la puntina più acuta che non determini fruscio, mentre per dischi vecchi o comunque logori è bene adoperare la puntina più grossa che consenta una riproduzione sufficientemente fedele.

Pressione della puntina a fruscio.

Durante la rotazione del disco, le pareti del solco premono contro la puntina, ed in tal modo la costringono a vibrare ed a percorrere, insieme al rilevatore a cui è fissata, tutta la lunga spirale. Affinchè questa pressione sia possibile senza inconvenienti, è necessario che anche la puntina prema sulle pareti del solco, cioè abbia un certo « peso ». Se ciò non fosse, ossia se la puntina non esercitasse alcuna pressione, se fosse senza « peso », il logorio del disco sarebbe zero, ma al primo brusco movimento conferito dal solco alla puntina, essa scavalcherebbe il solco, uscirebbe dall'incisione, « salterebbe via » insieme al rivelatore.

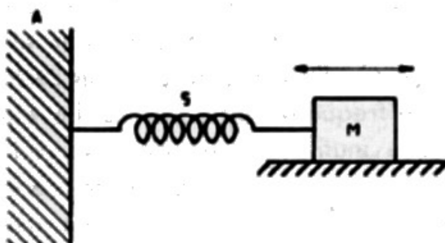


Fig. 6.21 - Schema meccanico corrispondente al movimento della puntina.

La puntina potrebbe non esercitare alcuna pressione sul solco, solo se fosse estremamente docile, se fosse senza massa, poichè solo in tal caso non verrebbe lanciata lontano ad ogni movimento ampio e brusco. La pressione che la puntina deve esercitare sulle pareti del solco per poter seguire le sinuosità dell'incisione dipende dalla sua docilità, ossia dalla cedevolezza del centratore, costituito per esempio da due blocchetti di gomma. Il centratore deve riportare la puntina nella sua posizione di riposo, al centro del rivelatore, e nello stesso tempo deve consentirle la massima libertà di movimento.

La pressione della puntina non è da confondere con il peso dell'intero rivelatore, sotto il quale la puntina si trova. Il braccio del rivelatore è bilanciato all'estremità opposta, in modo tale da lasciar « pesare » la puntina quanto basta. Un tempo la pressione della puntina era di 80 grammi, in media, oggi è di 30 grammi, ciò per i perfezionamenti apportati al centratore. Per i dischi a microsolco la pressione dello stilo è generalmente di 6 grammi.

La fig. 6.21 riporta lo schermo del sistema meccanico corrispondente, in cui *M* è la massa del sistema vibrante costituito dalla puntina e relativo portapuntina, *S* è la molla che tiene centrato il sistema vibrante, ed *A* è il braccio del rivelatore. Si supponga che la massa *M* venga spostata a mano sulla superficie; per semplicità la frizione della massa sulla superficie va trascurata.

Se si muove *M* lentamente avanti e indietro si osserva che l'azione della molla è predominante, ed in altri termini che alle basse frequenze conta principalmente l'elasticità del centratore. A mano a mano che si aumenta la velocità di spostamento avanti e indietro della massa *M*, si nota che ad un certo punto il sistema entra in risonanza, ossia che non è quasi più necessario esercitare una forza per mantenere il movimento a quella frequenza. Muovendo la massa *M* più rapidamente ancora le cose cambiano, e si nota che è necessario esercitare uno sforzo non già per mettere in movimento la massa, ma per farle invertire il senso del movimento e la fine di ciascuna oscillazione. La molla *S* conta poco, se la si toglie non cambia nulla. È la sola massa che conta, ed è perciò che alle alte frequenze è il peso del sistema vibrante che ha importanza essenziale.

Quando il centratore non è abbastanza elastico, si sente il raschiamento in corrispondenza dei toni bassi; quando il sistema vibrante è troppo pesante, si sente il raschiamento in corrispondenza dei toni alti. Poichè la puntina non consente di ridurre il peso del sistema vibrante oltre un certo limite, ne risulta con esso che vi è raschiamento alle frequenze alte, per cui l'eventuale incisione di frequenze oltre i 4000 o i 4500 c/s è inutile nonchè dannosa, ed è necessario « sopprimere il fruscio della puntina ». La soppressione del fruscio è ottenuta con un filtro che elimina tutte le frequenze oltre il limite consentito dalla massa del sistema vibrante.

Basta addirittura qualche milligrammo in più o in meno nel peso del sistema vibrante per produrre notevoli variazioni d'estensione della gamma delle frequenze riproducibili senza fruscio.

È per questa ragione che i dischi a microsolco, in cui l'incisione si estende alle frequenze molto elevate, non possono venir suonati con rivelatori a puntina sostituibile, dato il forte fruscio che essi producono, ma solo con rivelatori a stilo permanente. Mentre la massa della puntina e dell'ancoretta è tale da produrre fruscio alle alte frequenze, fruscio che non esiste nell'incisione se non a frequenze molto più alte, con lo stilo, la massa vibrante è ridotta al minimo, ciò che consente di aumentare l'elasticità del centratore, e per conseguenza di diminuire la pressione della puntina sul solco, la quale viene ridotta, come detto, da 30 a 6 grammi. La tolleranza è di 10 grammi in più o in meno per le puntine, e di 2 grammi in più o in meno per gli stili.

Affinchè la pressione della puntina rimanga costante durante tutta la corsa lungo la spirale d'incisione, è necessario che il livello del piatto rotante non subisca alterazioni. Piccole inclinazioni del piatto possono riuscire dannose, particolarmente per la riproduzione dei dischi a microsolco, per cui è opportuno il controllo con livello a bolla d'aria. Il movimento laterale del braccio del pickup deve essere pure controllato, poichè basta un minimo aumento dell'inerzia per determinare cospicue variazioni nella pressione esercitata dallo stilo sulle pareti del microsolco.

L'errore di tangenzialità.

La puntina è esattamente sistemata nel solco del disco, e la sua libertà di movimento è massima soltanto nella spira centrale dell'incisione. Ciò avviene per il fatto che durante l'incisione del disco, il *braccio portastilo* è *fisso*, mentre durante la riproduzione del disco, il *braccio del rivelatore* è mobile. Il braccio portastilo è posto attraverso il disco, da un lato all'altro; lo stilo incisore « viaggia » lungo una linea retta dall'orlo verso il centro del disco; a tale scopo la testa incidente è costretta a muoversi lungo il braccio fisso, sul quale è praticata una filettatura elicoidale ed è mantenuto in costante movimento di rotazione intorno al proprio asse.

Durante la riproduzione non avviene la stessa cosa; la puntina non può muoversi dall'orlo verso il centro del disco seguendo una linea retta, ma è costretta a « viaggiare » lungo un arco di cerchio, quello determinato dalla lunghezza del braccio del rivelatore. Il braccio fisso non viene usato per la riproduzione data la notevole complessità.

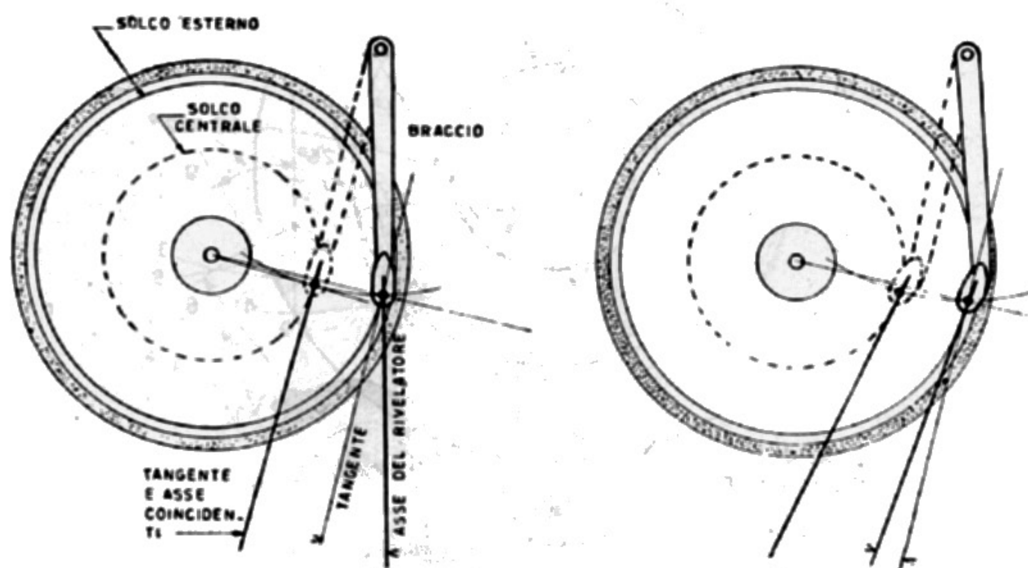


Fig. 6.22 - A) l'errore di tangenzialità è notevole dato che la testina del rivelatore è diritta; B) l'errore è minore dato lo spostamento della testina rispetto l'asse del braccio portante.

È per ciò che la puntina è esattamente nella situazione dello stilo incisore solo quando si trova nella spira centrale dell'incisione, poichè allora l'arco di cerchio tocca la linea retta. Solo allora la *puntina* è *tangente* con il solco. In tutte le altre spire, il percorso del rivelatore non è *allineato* con il percorso seguito dalla testa incidente; vi è *errore di tangenzialità*, e questo errore è tanto maggiore quanto più la spira è lontana dalla centrale, quindi è massimo all'inizio e alla fine dell'incisione.

La puntina preme contro una parete del solco in cui si trova per effetto dell'errore di tangenzialità, e tende in tal modo a scavalcare il solco. Ne risulta una maggiore usura dei dischi ed una più bassa qualità di riproduzione. Il rimedio più semplice consisterebbe nell'allungare molto il braccio del rivelatore, ciò che in pratica non è realizzabile.

Esistono due possibili rimedi: *a*) spostare la testa del rivelatore fuori dell'asse del braccio, *b*) curvare adeguatamente il braccio del rivelatore.

La fig. 6.22 illustra quali siano gli angoli tra l'*asse del rivelatore* e la *linea di*

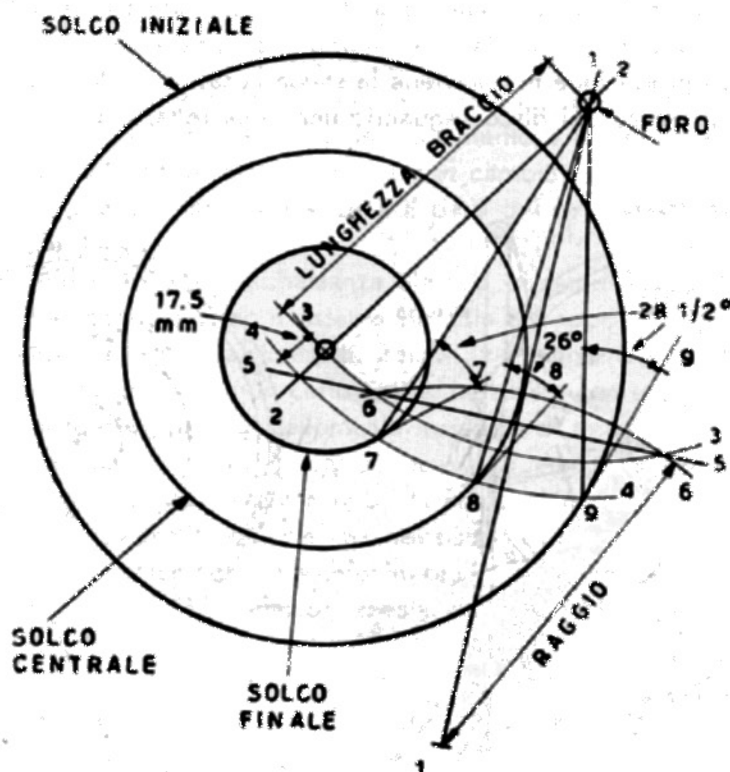


Fig. 6.23. - Come va stabilito il foro per il perno del braccio portante il rivelatore, onde limitare al minimo l'errore di tangenzialità.

tangenza in due casi: il primo, a sinistra, in cui il rivelatore è diritto, posto sullo stesso asse del braccio, il secondo, a destra, in cui il rivelatore è spostato, è *offset*. È evidente che l'angolo è notevolmente minore, e quindi che vi è minor errore con il rivelatore spostato, per cui la riproduzione risulta migliore.

L'angolo tra l'asse del rivelatore e quello del braccio dipende dalla lunghezza del braccio e dalla posizione della puntina; nel caso di braccio lungo 17,5 cm, l'angolo è di 27 gradi.

La fig. 6.23 illustra come va stabilito il punto in cui deve essere fissato il braccio del rivelatore, rispetto al centro del disco, in modo che l'errore di allineamento risulti minimo.

2. — IL RIVELATORE FONOGRAFICO.

Definizioni.

La riproduzione fonografica avviene mediante un dispositivo detto *rivelatore fonografico*, o anche, con termine inglese, *pickup*. Il rivelatore provvede a convertire l'incisione fonografica del disco, in tensione elettrica alternativa, detta *tensione ad audiofrequenza*.

Il rivelatore fonografico consiste di tre parti:

a) la cartuccia rivelatrice,

b) la testina,

c) il braccio.

La *cartuccia* (*cartridge*, in inglese) è provvista di *ago* (detto anche puntina)

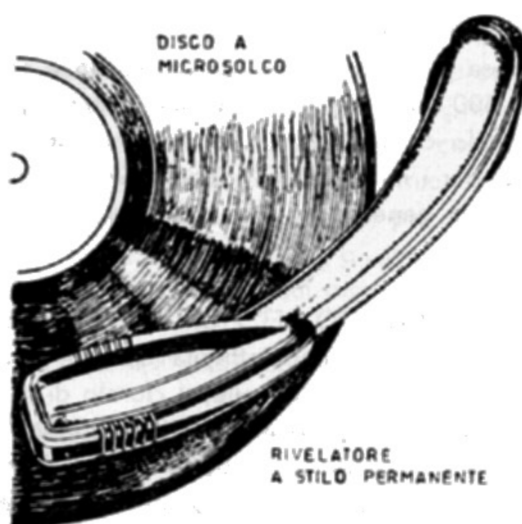


Fig. 6.24. - Braccio curvato e testina spostata per limitare l'errore di tangenzialità.

o di *stilo*. Essa è sistemata nella testina, la quale ne rappresenta la custodia. Il *braccio* consente all'ago o stilo, di esplorare tutta la spirale d'incisione del disco, sostenendo la testina con la cartuccia.

Il rivelatore fonografico può essere di tre tipi:

a) a cristallo piezoelettrico,

b) magnetico a riluttanza variabile,

c) ceramico.

La fig. 6.24 illustra un esempio di rivelatore fonografico; la fig. 6.25 presenta due esempi di cartucce.

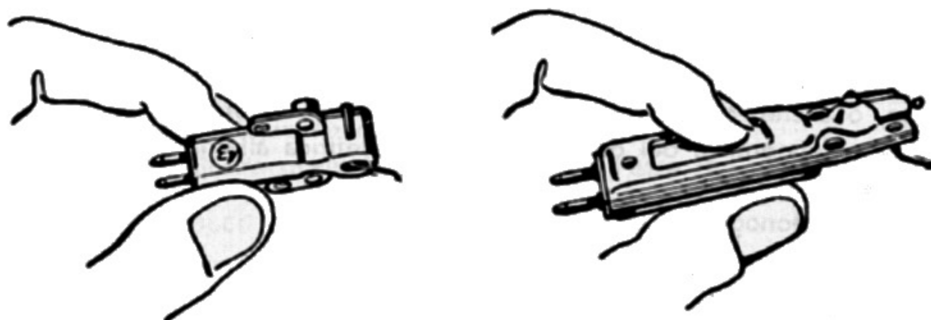


Fig. 6.25. - Due esempi di cartucce ceramiche per testine fonografiche.

Il rivelatore a cristallo piezoelettrico.

CARATTERISTICHE GENERALI. — Il pickup a cristallo è molto diffuso per il costo moderato e per l'alta resa d'uscita. Alcuni tipi di pickup a cristallo consentono rese d'uscita di 5 volt, circa 500 volte maggiore di quella dei moderni pickup magnetici.

Altri pickup a cristallo consentono uscite massime di 4 volt, altri di 1,5 volt; infine i pickup a cristallo per i nuovi dischi a lunga durata forniscono rese d'uscita intorno ai 0,5 volt massimi. In genere, più alta è la resa d'uscita, più scadente è il responso di frequenza.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL PICKUP A CRISTALLO. — Il pickup a cristallo si basa sul fenomeno della *piezoelettricità* comune a numerosi cristalli, tra i quali il quarzo, la tormalina, il sale di Rochelle, il clorato di sodio, ecc. Sulle facce di questi cristalli si determina una tensione elettrica non appena vengono sottoposti ad una deformazione meccanica qualsiasi. La tensione elettrica che si produce sulle faccie del cristallo è linearmente proporzionale alla deformazione, entro certi limiti. Se le vibrazioni della puntina poggiata sul disco fonografico in movimento vengono trasmesse ad un cristallo piezoelettrico, sulle sue faccie si produce una tensione alternativa simile alla vibrazione della puntina, ossia una tensione ad audiofrequenza che può venir amplificata e riprodotta dall'altoparlante.

Dei diversi *cristalli piezoelettrici* esistenti, il solo ad essere usato per i pickup è il *sale di Rochelle*, un tartrato doppio di sodio e di potassio facilmente coltivabile in vasche apposite. Come tutti i cristalli piezoelettrici esso presenta tre assi, uno meccanico, uno ottico ed uno elettrico. Viene tagliato in lamine sottili, di 0,3 o 0,4 millimetri; il taglio viene fatto perpendicolarmente all'asse elettrico. La formazione della tensione elettrica è dovuta allo squilibrio tra le molecole asimmetriche del cristallo, presente tutte le volte che subisce una deformazione meccanica qualsiasi. Il fenomeno è reversibile, per cui applicando al cristallo una tensione elettrica in modo adeguato,

esso si deforma; questo fenomeno è utilizzato in altoparlanti e cuffie telefoniche piezoelettriche.

Il sale di Rochelle ha lo svantaggio di sciogliersi facilmente nell'acqua, di assorbire l'umidità atmosferica, e di deteriorarsi a temperatura non molto alta. Nonostante questi inconvenienti, è usato nei pickup, data l'alta resa d'uscita, molte volte superiore a quella di altro cristallo, il quarzo, bene adatto invece per stabilizzare i circuiti oscillatori delle emittenti radio. Il sale di Rochelle è utilizzato anche per i microfoni a cristallo, in modo pressochè analogo a quello dei pickup.

In tutti i pickup, con una sola eccezione, vengono usate due laminette di sale di Rochelle, delle dimensioni di un'unghia, cementate faccia contro faccia. Le due laminette formano il cosidetto *elemento bimorfo.* La resa d'uscita varia da un tipo all'altro di pickup, non per la maggiore o minore efficienza del cristallo ma per il modo con cui viene trasmessa al cristallo la sollecitazione meccanica da parte della puntina.

Il cristallo ha una certa rigidità, per cui non è possibile fissare la puntina direttamente ad esso. Se ciò avvenisse, la puntina non potrebbe più seguire docilmente le ondulazioni dell'incisione; il disco verrebbe immediatamente danneggiato, mentre il cristallo andrebbe in pezzi. Tutto il problema consiste nello scegliere il modo più opportuno di trasmettere le vibrazioni della puntina al cristallo, così che la puntina possa conservare la massima docilità, ossia il minimo sforzo contro le pareti del solco, e nello stesso tempo che le sue vibrazioni vengano completamente applicate al cristallo. Esistono numerosissimi sistemi, addirittura varie centinaia, di accoppiamento della puntina al cristallo, ed i vari tipi di pickup differiscono appunto per la maggiore o minore perfezione di tale trasmissione. In genere, più diretta è la trasmissione più alta è la resa d'uscita, ma anche maggiori sono gli inconvenienti, tra i quali la risonanza del sistema e la facile deteriorabilità dei dischi, oltre al pericolo di rottura del cristallo.

I pickup a cristallo si dividono in due grandi categorie: a) *a flessione*, b) *a torsione*.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO A FLESSIONE. — Nei pickup a flessione un'estremità del cristallo riceve le vibrazioni della puntina; l'ancoretta porta in basso la puntina ed in alto il cristallo. A tale scopo la parte superiore dell'ancoretta è a forcella; il cristallo è fissato da un lato ed è libero di vibrare dall'altro, dove è trattenuto dalla forcella. Le ondulazioni dell'incisione mettono in vibrazione la parte libera del cristallo, tramite la puntina e l'ancoretta a forcella. Lo smorzamento è ottenuto con blocchetti di feltro o di gomma, posti tra il cristallo e la forcella.

Ad ogni movimento della puntina corrisponde una flessione del cristallo; più ampia è l'ondulazione, più forte è lo spostamento della puntina; più accentuata è la flessione del cristallo e maggiore è l'ampiezza della tensione prodotta sulle due facce opposte del cristallo, sulle quali poggiano gli elettrodi metallici, dai quali la tensione viene prelevata e applicata all'entrata dell'amplificatore.

L'ancoretta porta-puntina e porta-cristallo ha forma a croce, i due bracci della quale sono costituiti da un asse cilindrico, trattenuto da due cuscinetti di gomma, intorno al quale l'ancoretta può vibrare. L'ampiezza delle vibrazioni della puntina

viene ridotta, sistemando l'asse più vicino al cristallo che alla puntina. Bastano ampiezze di alcuni centesimi di millimetro per determinare tensioni di alcuni volt ai capi del cristallo.

I pickup di questo tipo erano in uso un tempo, oggi sono abbandonati, poichè il cristallo fa sentire troppo alla puntina sottostante la propria rigidità, ossia trasmette ad essa la propria impedenza meccanica. La puntina non può seguire fedelmente le sinuosità dell'incisione, quindi il responso risulta scadente ed il logorio dei dischi assai alto.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO A TORSIONE. — La fig. 6.26 illustra il principio di funzionamento del pickup a torsione. Alle due laminette di sale di Rochelle cementate insieme, è applicata da un lato la *barretta di torsione* e dall'altro i due elettrodi d'uscita. Il cristallo si trova in posizione orizzontale e riceve le vibrazioni della puntina tramite la barretta di torsione. Uno strato di gomma, interposto tra la forcella

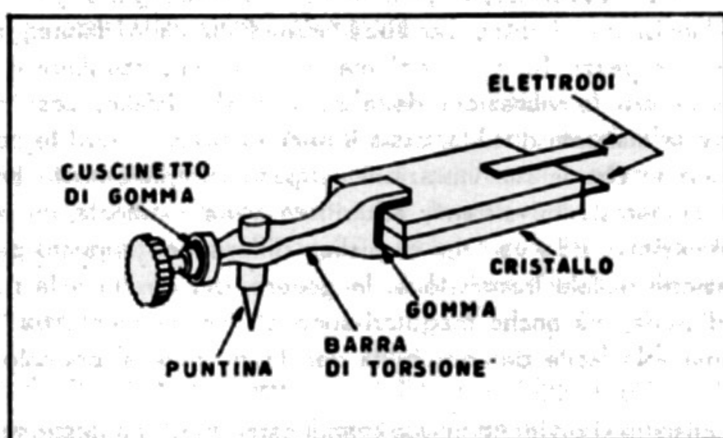


Fig. 6.26. - Principio di pickup a cristallo, del tipo a torsione.

ed il cristallo, provvede allo smorzamento necessario, data l'alta impedenza meccanica del cristallo e la bassa impedenza meccanica della puntina.

Spostandosi lungo le ondulazioni del solco, la puntina determina analoghi spostamenti della barretta intorno al proprio asse, la quale torce più o meno il cristallo. I movimenti di torsione del cristallo sono di minima ampiezza, ma comunque tali da seguire fedelmente gli spostamenti della puntina.

La fig. 6.27 illustra la disposizione dei vari componenti di un pickup a cristallo del tipo a torsione. La puntina è fissata all'ancoretta trattenuta da due cuscinetti di gomma, terminante con la forcella di presa del cristallo, il cui movimento è frenato da una coppia di blocchetti di gomma elastica o di altro materiale assorbente le vibrazioni. Il cristallo è trattenuto da altri due blocchetti di gomma, *B* e *C*. I primi sono di gomma elastica, i secondi di gomma rigida. L'adattamento delle due impedenze è determinato dalla elasticità dei freni *A* e *B*, e dalla posizione di *B*, molto importante

poichè è soprattutto da essa che dipende l'efficienza di trasmissione di movimento della puntina all'ago, e quindi la resa d'uscita. La disposizione generale è tale da produrre una forte riduzione dell'impedenza meccanica, con rapporto da 25 a 1, per cui soltanto un venticinquesimo della forza torsionale dell'ancoretta viene effettivamente applicata alle lamine del cristallo.

Una più efficiente trasmissione di energia determinerebbe una maggiore resa

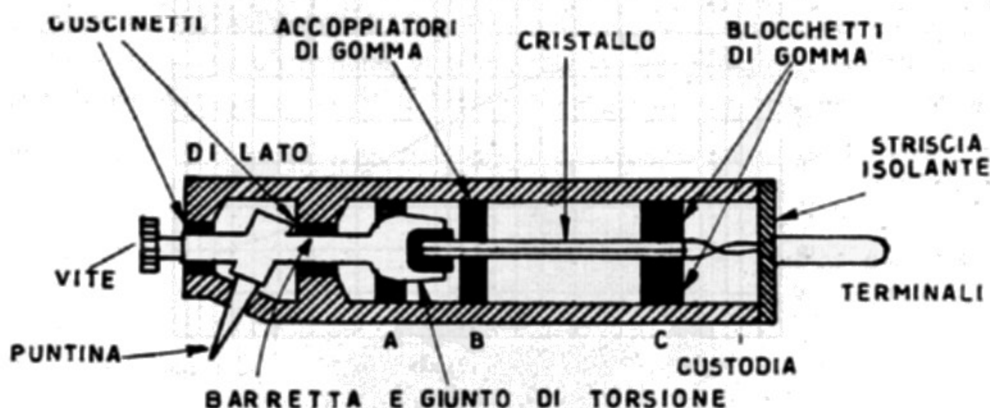


Fig. 6.27. - Esempio di testina di pickup a cristallo, del tipo a torsione, vista di lato.

d'uscita, ma aumenterebbe l'impedenza del cristallo rispetto alla puntina, la quale risulterebbe più pesantemente caricata, e quindi meno libera di muoversi, con conseguente maggiore logorio del disco. Con la riduzione indicata, la pressione che la puntina esercita sulle pareti del solco è di circa 1 grammo.

Il cristallo non è in alcun modo in contatto con la custodia del pickup o con

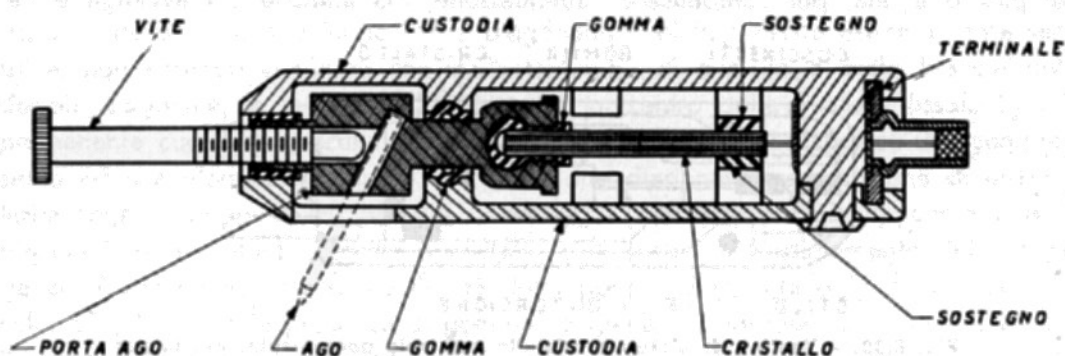


Fig. 6.28. - Disposizione pratica dei componenti di una cartuccia a cristallo piezoelettrico.

altre parti di esso, ad eccezione delle due coppie di blocchetti di gomma *B* e *C*. La tensione prodotta sulle due faccie viene prelevata con elettrodi collegati ai terminali esterni.

Il pickup a cristallo si basa sullo *spostamento* della puntina, mentre il pickup

magnetico si basa sulla *velocità* di movimento della puntina. Ciò che conta è lo spostamento della puntina, quindi l'ampiezza della torsione, poichè da essa dipende la tensione prodotta. Ora, come è già stato detto, ed illustrato dalla fig. 6.7, a parità d'intensità del suono inciso, l'ampiezza dell'ondulazione diminuisce con l'aumentare della frequenza, e quindi diminuisce anche l'ampiezza della torsione e la resa d'uscita.

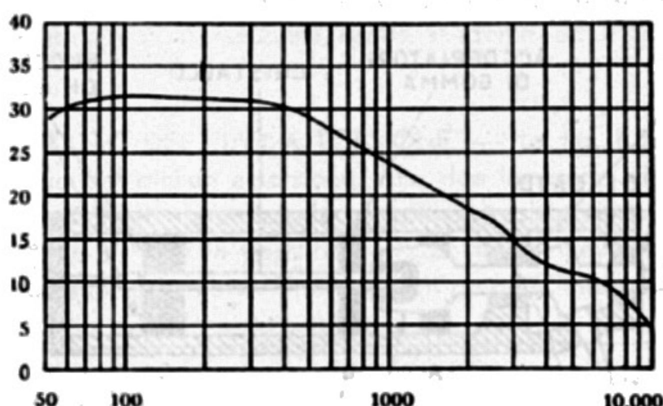


Fig. 6.29. - Curva di risposta tipica di pickup a cristallo, corrispondente all'incisione fonografica, con frequenza di passaggio a 250 c/s. La curva è stata ottenuta con disco a microsolco, e con pickup di alta classe.

Quest'ultima è ottima solo per le frequenze basse, alle quali corrispondono ampie ondulazioni e ampie torsioni del cristallo, mentre è scarsa alle frequenze alte. Poichè la *frequenza di taglio*, alla quale è stato accennato, è a 250 c/s, ad essa corrisponde la massima resa d'uscita del pickup. La frequenza di risonanza del sistema vibrante del pickup è alta, per compensare l'attenuazione, ma affinchè ciò avvenga è ne-

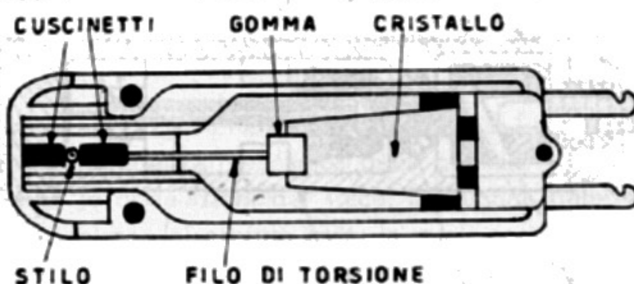


Fig. 6.30. - Testina di pickup a cristallo con stilo permanente, esatta per riproduzione di dischi a microsolco. Vista di sotto.

cessario che il sistema vibrante sia molto leggero e non troppo frenato, cosa difficile da ottenere con la puntina sostituibile. Per questa ragione i pickup a cristallo di alta qualità sono tutti a stilo permanente, anche per dischi a 78,26 giri. Nei pickup a stilo permanente la trasmissione del movimento non avviene mediante giunto a forcella, bensì con un *filo di torsione*, molto più leggero, come in fig. 6.30. In alcuni tipi di

pickup a stilo al posto del filo vi è una striscia di lega metallica molto leggera.

Recentemente sono stati introdotti pickup con cristallo diverso dal comune sale di Rochelle; si tratta del *cristallo PN*, un solfato primario d'ammonio, il quale non si altera neppure se viene collocato nell'acqua bollente. Presenta però lo svantaggio di richiedere un carico troppo alto, da 5 a 50 megaohm, all'ingresso dell'amplificatore, ciò che aumenta molto il rumore di fondo ed i disturbi in genere.

PICKUP A CRISTALLO DEL TIPO « A DIAGONALE ». — In questo tipo di pickup a cristallo, di recente realizzazione, vi è una sola lamina di cristallo, tagliata in modo che la tensione elettrica risulti dalla compressione lungo una diagonale e dalla cor-

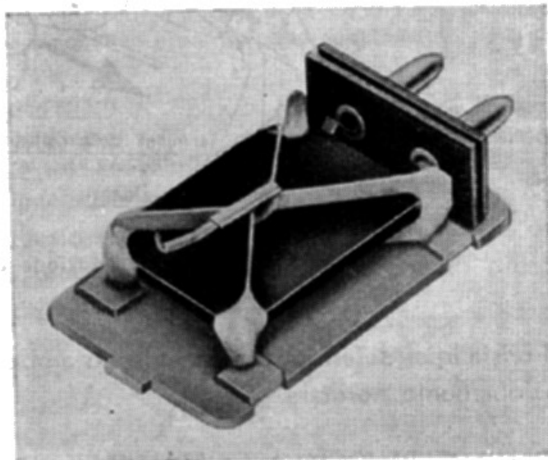


Fig. 6.31. - Interno di testina di pickup a cristallo del tipo a diagonale (Electro Voice).

rispondente elongazione lungo l'altra diagonale. Il pickup risulta estremamente semplice, non essendo costituito che dalla laminetta di cristallo e dalle braccia della doppia diagonale, in lega metallica leggera, al centro della quale è fissato lo stilo permanente curvo. A ciascuna semi-oscillazione dello stilo corrisponde una compressione ed una elongazione lungo una delle due diagonali, e la tensione di una polarità seguita da quella di polarità opposta. La frenatura è ottenuta con minuscoli blocchetti di Viscoloid posti tra il cristallo e la custodia. L'adattamento delle impedenze avviene mediante la flessibilità della doppia diagonale e la flessibilità dello stilo. È così evitata la presenza di gomma, la quale si deteriora con il tempo e sotto l'azione delle tensioni elettriche.

CAUTELE NECESSARIE. — I pickup a cristallo si deteriorano a temperature molto basse e molto alte, nonchè in ambienti molto secchi. Le condizioni migliori di funzionamento si ottengono a temperatura compresa tra 20 e 25 gradi; nessun pickup a cristallo riesce a sopportare temperature oltre i 48 gradi; se tale temperatura è raggiunta o superata, la piezoelettricità viene distrutta permanentemente. È perciò necessario che i pickup a cristallo non vengano immagazzinati in prossimità

di stufe, e non vengano esposti in vetrina, sotto i raggi del sole. I radiofonografi devono consentire una certa ventilazione onde evitare l'accumulo di calore. Il saldatore deve essere tenuto il minor tempo possibile in contatto con i terminali delle testine a cristallo. Se l'umidità è eccessiva il cristallo tende a rammollirsi, se invece

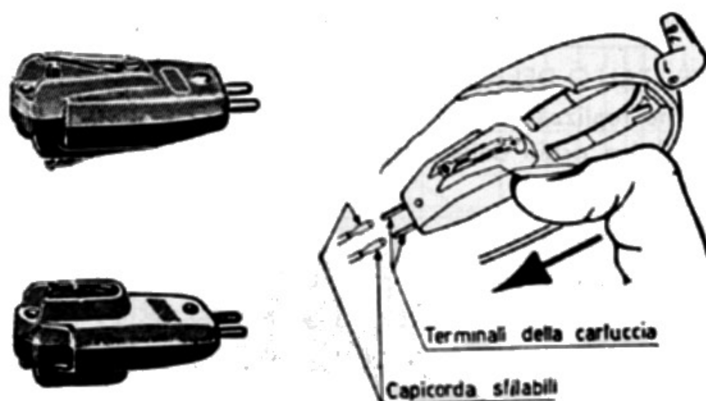


Fig. 6.32. - Due cartucce a cristallo di produzione Lesa.

il secco è eccessivo il cristallo si deteriora egualmente; in ambedue i casi non è possibile riportarlo a funzionamento normale.

SOSTITUZIONE DELLA CARTUCCIA A CRISTALLO. — La fig. 6.32 illustra due tipi di cartucce a cristallo, di produzione Lesa, e ne indica il modo di sostituirle. Occorre procedere come segue:

1. - Disporre la cartuccia con la manopolina come in figura.

2. - Sfilare, servendosi dell'unghia, la cartuccia dalla forcella, premendo nella direzione indicata dalla freccia.

3. - Estrarre i capicorda sfilabili dai terminali della cartuccia.

4. - Procedere in senso inverso per il montaggio della nuova cartuccia.

Il rivelatore magnetico.

Il rivelatore a cartuccia magnetica presenta, rispetto a quello a cristallo, la caratteristica di fornire una tensione d'uscita molto più bassa, per cui richiede uno stadio di preamplificazione. Presenta però il vantaggio di consentire una più uniforme risposta alle varie frequenze, nonchè quello di essere meno deteriorabile. In genere, è usato solo in complessi fonografici ad alta fedeltà.

Vi sono due tipi di rivelatori magnetici: *a*) quello a ferro mobile e *b*) quello a riluttanza variabile. Il primo tipo non viene più costruito; è in funzione in apparecchi

di vecchia costruzione. Attualmente il solo rivelatore magnetico che venga costruito è quello a riluttanza variabile. Un tempo veniva costruito un terzo tipo di rivelatore magnetico, quello a bobina mobile.

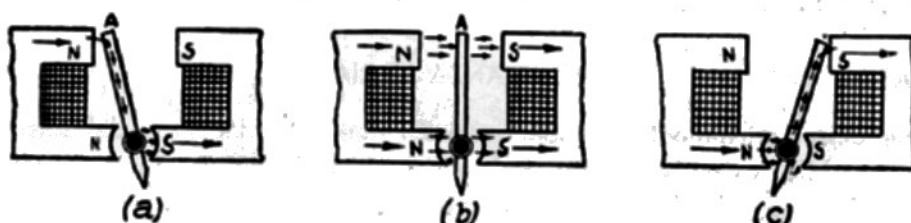


Fig. 6.33. – La tensione elettrica ai capi della bobina è determinata dalle variazioni di flusso magnetico prodotte dallo spostamento della puntina.

IL RIVELATORE MAGNETICO A FERRO MOBILE.

Benchè non venga più costruito, è ancora molto in uso in vecchie apparecchiature, per cui è opportuno chiarirne il funzionamento. La fig. 6.33 illustra il principio di funzionamento di questo rivelatore. L'ago si muove tra le espansioni polari di un magnete, provvisto di una bobina di filo. Il movimento del magnete, dovuto alla

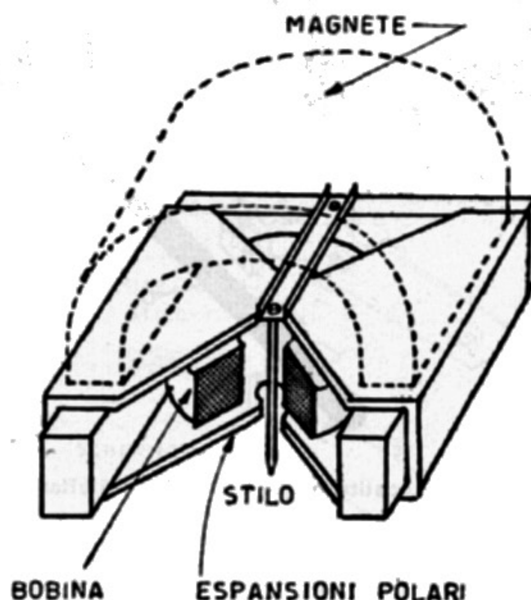


Fig. 6.34. - Testina di pickup elettromagnetico, in cui solo lo stilo si muove tra le espansioni polari del magnete (Pickering).

incisione del disco, determina una corrispondente variazione nel campo magnetico, la quale a sua volta genera una tensione elettrica ai capi della bobina. È tale tensione che viene utilizzata.

La fig. 6.34 illustra un esempio pratico di cartuccia magnetica a ferro mobile.

Il ferro mobile è appunto costituito dall'ago, il quale è sostenuto al centro del campo magnetico, e al centro della bobinetta di filo. Il magnete è a ferro di cavallo, e di dimensioni piuttosto notevoli.

La resa d'uscita dei rivelatori di questo tipo è, in media, di 8 centesimi di volt.

IL RIVELATORE MAGNETICO A RILUTTANZA VARIABILE.

Come detto, attualmente vengono costruiti rivelatori magnetici del solo tipo a riluttanza variabile, essendo gli altri tipi ormai abbandonati. In questi rivelatori, il movimento dell'ago, anzichè variare il campo magnetico, varia la riluttanza magnetica. Per riluttanza s'intende l'opposizione che l'armatura magnetica, il ferro, oppone al passaggio del flusso magnetico.

Il movimento dell'ago determina la variazione della riluttanza, nel modo che si

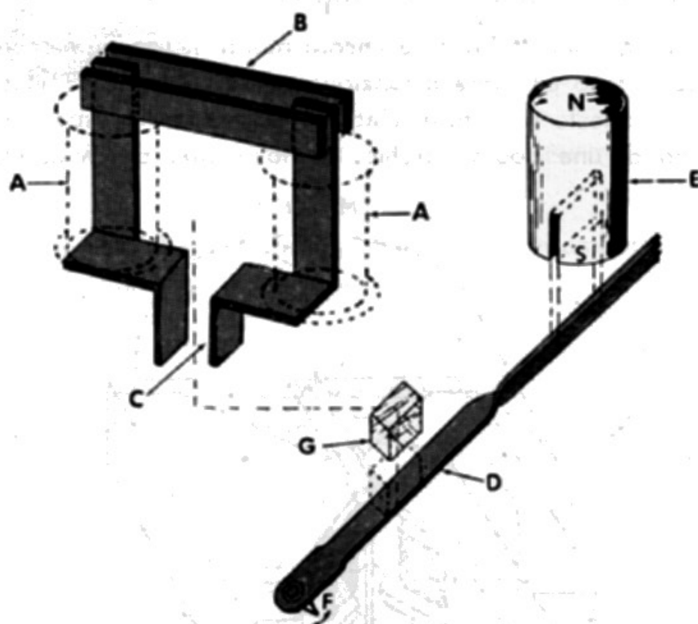


Fig. 6.35. - Elementi costituenti la cartuccia a riluttanza variabile.

vedrà, e questa determina a sua volta la variazione del campo magnetico, con conseguente variazione della tensione ai capi della bobina. Il principio di funzionamento è un po' quello dei rivelatori a ferro mobile, con la differenza che la variazione del campo magnetico avviene tramite la variazione della riluttanza dell'armatura magnetica.

La fig. 6.35 indica le parti essenziali del rivelatore magnetico a riluttanza variabile. Con *A)* sono indicate le bobine (tratteggiate) avvolte intorno alla struttura magnetica, ben visibile a sinistra. *B* indica il giogo e *C* l'espansione polare. L'armatura *D)*, alla quale è fissato l'ago *F)* è costituita da una piccola, leggerissima e flessibilis-

sima laminetta metallica. L'altra estremità di tale laminetta è fissata al centro di un magnetino *E*, indicato a destra. L'armatura si trova esattamente al centro dell'espansione polare, dove risulta sistemata mediante il blocchetto di gomma *G*.

Il flusso magnetico passa attraverso la laminetta ed il piccolo traferro, alle

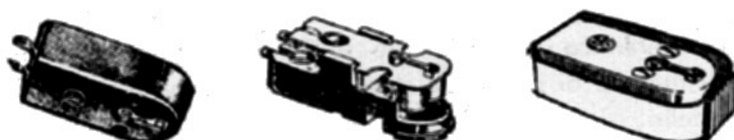


Fig. 6.36. - Aspetto esterno del pickup a riluttanza variabile.

estremità dei due nuclei, dividendosi in parti eguali tra di loro quando lo stilo è in posizione di riposo, al centro tra i due nuclei. Non appena lo stilo si sposta in un dato senso, il flusso aumenta in uno dei nuclei e diminuisce corrispondentemente nell'altro. La tensione d'uscita ai capi delle due bobine è direttamente proporzionale al flusso

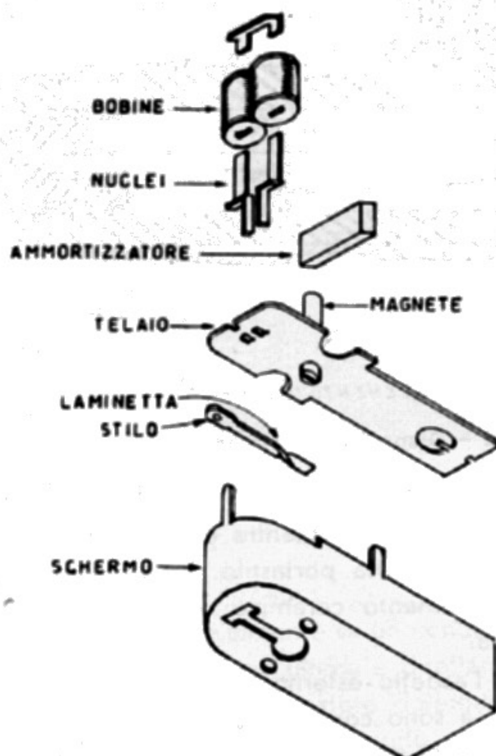


Fig. 6.37. - Parti componenti il pickup a riluttanza variabile.

presente in ciascuno dei nuclei. Le due bobine sono poste in controfase. Alle vibrazioni del nucleo corrisponde in tal modo una tensione ad audiofrequenza.

La fig. 6.37 illustra le parti componenti di un tipico rivelatore magnetico a riluttanza variabile.

Il rivelatore ceramico.

Il rivelatore ceramico appartiene alla categoria dei rivelatori piezoelettrici. Particolari ceramiche si comportano come i cristalli piezoelettrici, per cui forniscono una tensione elettrica proporzionata alla flessione o alla torsione che subiscono.

Il materiale ceramico generalmente utilizzato per le cartuccie delle testine fonografiche è il titanato di bario. L'elemento ceramico ha forma di laminetta, come i rivelatori a cristallo.

La fig. 6.38 illustra le parti componenti di una cartuccia ceramica. L'elemento

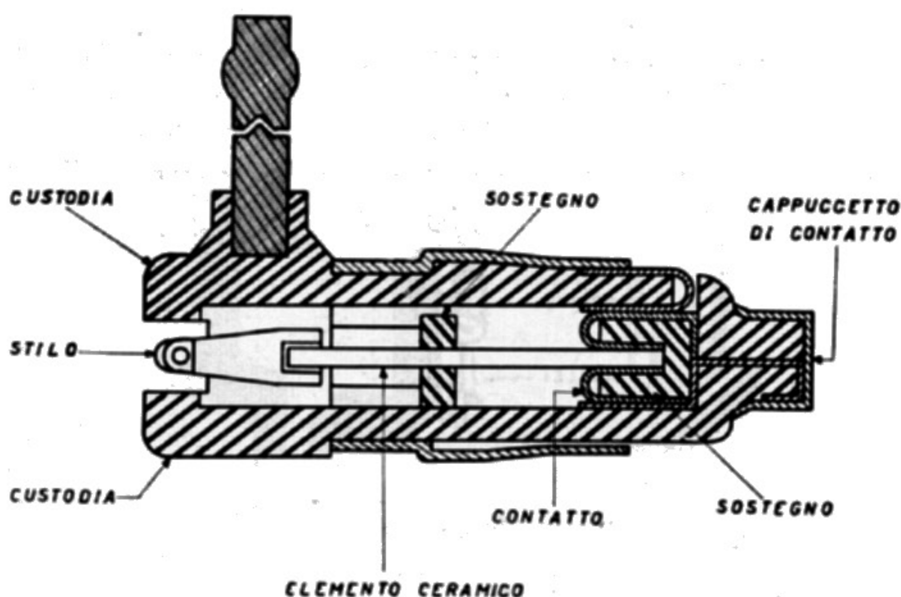


Fig. 6.38. - Disposizione interna della cartuccia ceramica.

ceramico è fissato ad una estremità, mentre è libero di muoversi all'altra estremità. A quest'ultima è fissata l'ancoretta portastilo. Le vibrazioni dello stilo determinano analoghe vibrazioni dell'elemento ceramico, il quale genera corrispondenti variazioni di tensione elettrica.

La fig. 6.39 illustra l'aspetto esterno di una cartuccia ceramica. Le sue dimensioni sono molto ridotte, e sono confrontate con uno zolfanello. Nella stessa figura, in basso, è indicata l'ancoretta portastilo. Come si può notare, lo stilo vero e proprio è di dimensioni assai ridotte.

Le caratteristiche elettriche delle cartuccie ceramiche sono quelle stesse delle cartucce a cristallo. La capacità equivalente delle cartucce ceramiche è compresa tra 470 e 900 picofarad, mentre la resistenza di carico è di 1 megaohm. La tensione resa d'uscita delle cartucce ceramiche è, generalmente, di 0,75 volt, a 1000 c/s.

Le cartucce ceramiche sono poco utilizzate, poichè mentre differiscono poco

da quelle a cristallo, costano notevolmente di più. Presentano però il notevole vantaggio di essere insensibili alle condizioni di ambiente, e sopportano senza danno elevate temperature.

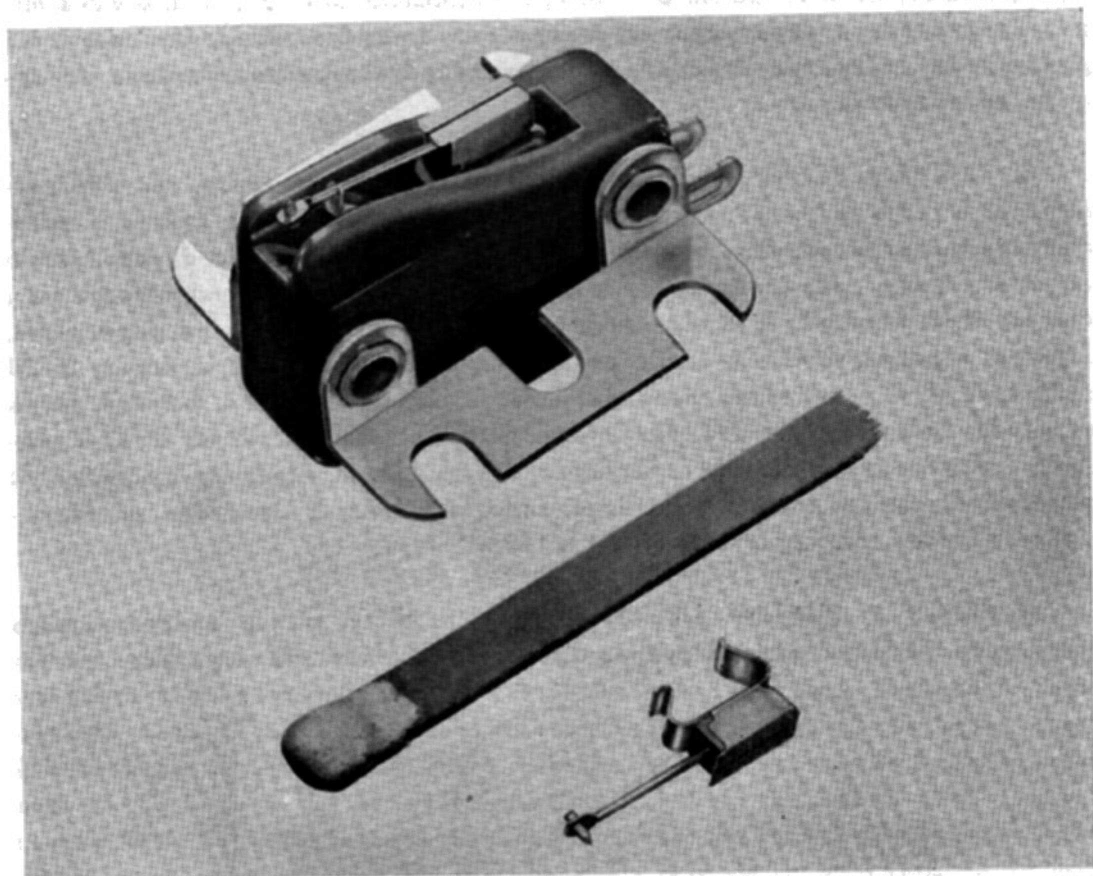


Fig. 6.39. - Aspetto esterno di cartuccia ceramica.

Pickup speciali.

IL PICKUP FM. — Consiste essenzialmente di un condensatore ad aria, a due lamine sole, una fissa e l'altra vibrante; quest'ultima è direttamente collegata allo stilo. Le vibrazioni dello stilo trasmesse al condensatore determinano analoghe variazioni di capacità, le quali alterano la frequenza del circuito oscillatorio in cui il condensatore è inserito. Ne risulta un segnale ad alta frequenza ed a modulazione di frequenza. È utile per le stazioni trasmittenti FM, e viene usato anche con minuscola trasmittente FM e ricezione « via radio » delle riproduzioni fonografiche con apparecchio FM.

IL PICKUP RADIONICO. -- Insieme allo stilo vibra una sottile laminetta metallica, posta in continuazione dello stesso, ed in prossimità di una bobina ad alta

frequenza, in serie con il circuito accordato di un apposito stadio oscillatore. Gli spostamenti della laminetta determinano variazioni del fattore di merito della bobina, le quali a loro volta determinano variazioni d'ampiezza della tensione oscillante prodotta. Il pickup radionico è del tipo a modulazione d'ampiezza, e viene fornito insieme ad un apparecchio ad una valvola a doppio triodo. Uno dei triodi provvede all'oscillazione, l'altro alla rettificazione ed alla preamplificazione del segnale ad audiofrequenza.

IL PICKUP A BOBINA MOBILE. — Si tratta di pickup di classe, con stilo permanente e punta di diamante, quindi di costo elevato. La bobina mobile è estremamente minuscola, essendo avvolta intorno all'estremità dello stilo di duralluminio opposta a quella della punta. Due cuscinetti di gomma sintetica sono collocati tra i due lati della bobinetta e le espansioni polari del magnete. Con altra disposizione, il pickup a bobina mobile è adatto per costruzioni dilettantistiche; la bobina di 20 o 25 spire di filo sottilissimo viene sostenuta da due fili di cotone, paralleli, tra le espansioni polari del magnete. Nell'interno della bobina, staccato da essa, è presente un minuscolo nucleo ferromagnetico, fissato alla incastellatura magnetica. Il portastilo di carta e lo stilo sono fissati sotto la bobina. È necessario un trasformatore d'entrata con rapporto da 50 a 1 a 150 a 1.

IL PICKUP A PUNTINA LIBERA. — Si tratta di un pickup elettromagnetico (Gallo mod. M-S) nel quale la puntina d'acciaio è tenuta in sito senza alcun centra-

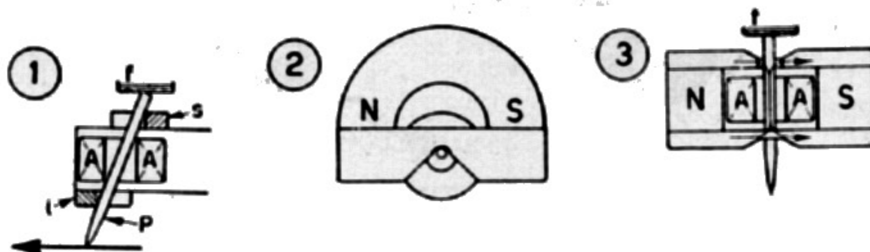


Fig. 6.40.A - Principio di funzionamento del pickup elettromagnetico a puntina libera, senza ancoretta e senza ammortizzatori (Gallo).

tore elastico, e non va neppure infilata in alcun tubetto portapuntina; grazie ad una particolare disposizione delle espansioni polari del magnete, è lo stesso campo magnetico in cui è immersa, che provvede a trattenerla in sito. Quando la puntina viene appoggiata sul disco in rotazione, per effetto del movimento del disco, si dispone automaticamente in posizione di riproduzione, come in (1) di fig. 6.40A. L'incisione mette in oscillazione la puntina intorno al suo asse virtuale, ciò che determina la solita variazione di flusso e quindi la tensione nella bobinetta A. In posizione di lavoro, la puntina poggia superiormente contro il fondello *f*, sopra e sotto contro le armature superiori *s* e inferiori *i*, appoggiandosi nell'apposita cavità. Il circuito magnetico risulta chiuso. La resa d'uscita è di 0,25 V.

IL PICKUP A RESISTENZA VARIABILE. — Si tratta di un sensibile trasduttore a variazione lineare d'ampiezza, bene adatto per riproduzioni di estesissima gamma di audiofrequenze, e quindi per i dischi a microsolco. Lo stilo è fissato ad una laminetta di materiale plastico, sui due lati della quale è presente uno strato di materiale ad alta resistenza, come nelle resistenze variabili a carbone. La laminetta è libera di vibrare tra due pareti argentate; ad una sua estremità è fissato lo stilo, mentre l'altra

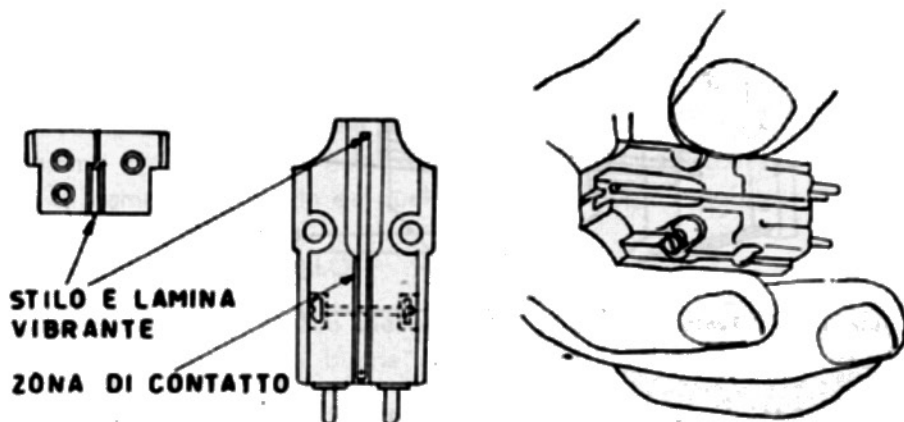


Fig. 6.40. B - Pickup a resistenza variabile.

estremità è fissata alla base del pickup. Ad ogni spostamento dello stilo corrisponde una adesione della laminetta con una o con l'altra parete del pickup; il contatto è tanto migliore, e quindi la riduzione della resistenza è tanto maggiore, quanto più ampio è lo spostamento dello stilo. Il valore della resistenza su ciascun lato della laminetta è di 15 000 ohm; le due resistenze sono poste in serie; la presa è fatta al centro di esse, ossia nel punto in cui sono riunite. Essendo una resistenza variabile, questo pickup non fornisce una resa d'uscita; modula la tensione di polarizzazione ad esso applicata, che è di 45 volt; la modulazione è di circa 10 millivolt.

IL PICKUP A FOTOCELLA. — Lo stilo è speculare, e su di esso è diretto un sottile raggio luminoso; i movimenti dello stilo riflettono il raggio luminoso su una fotocella.

Il fonorivelatore stereofonico.

Il fonorivelatore stereo è provvisto di una sola puntina e di due elementi sensibili, quindi di due uscite; è adatto per la riproduzione dei dischi stereo. Può essere del tipo a cristallo piezoelettrico, o ceramico, o a ferro mobile, o a bobina mobile o a riluttanza variabile, come il fonorivelatore monofonico.

Come già detto nelle pagine precedenti (v. disco stereofonico), quando il disco stereo è in movimento, la puntina subisce simultaneamente due movimenti, in due sensi diversi, data la doppia modulazione e quindi la doppia incisione presente nel

solco. I due movimenti della puntina vengono comunicati ai due elementi sensibili, i quali provvedono alla generazione di due tensioni alternative, presenti alle due uscite della cartuccia.

La fig. 6.41A illustra il principio di funzionamento del fonorivelatore stereo, il

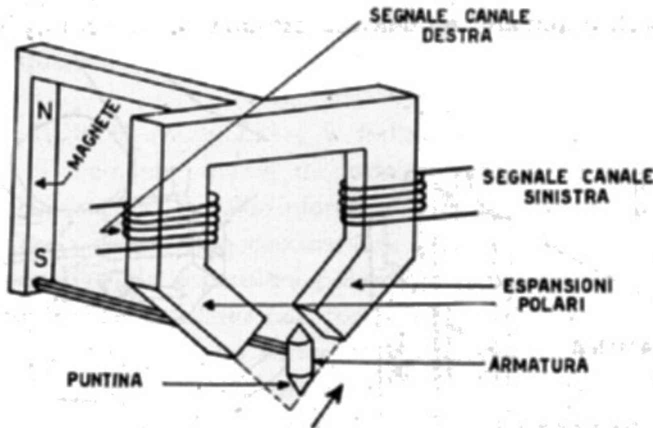


Fig. 6.41. A – Principio di funzionamento del fonorivelatore stereo.

quale è identico a quello degli altri fonorivelatori. Sui due bracci di un magnete vi sono due avvolgimenti, mentre tra le espansioni polari del magnete vi è una leggera armatura unita alla puntina, e fissata ad un sostegno elastico. Puntine e armatura di

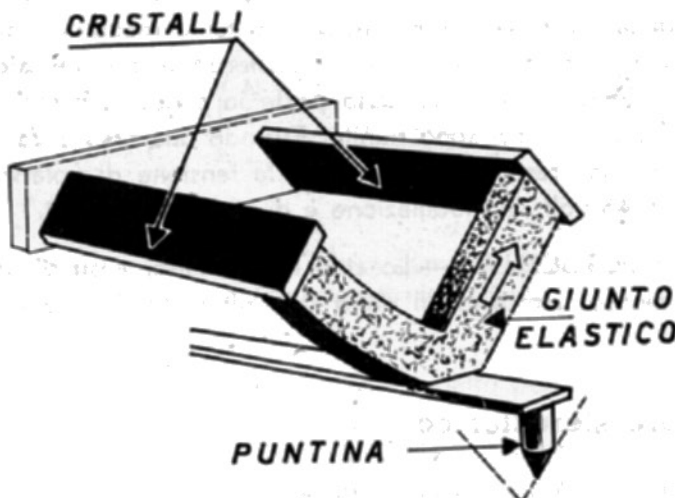


Fig. 6.41. B – Principio del fonorivelatore a due cristalli.

ferro dolce si muovono tra le espansioni polari, determinando negli avvolgimenti tensioni audio corrispondenti.

Alle due incisioni del solco vengono a corrispondere due tensioni audio, ossia due segnali, uno relativo al *canale destro* e l'altro al *canale sinistro*.

Alcune cartucce stereo hanno tre linguette di uscita, una per ciascun canale, e una comune, di massa, per i due canali; altre cartucce hanno quattro linguette, due per ciascun canale.

La puntina delle cartucce stereo è più sottile di quelle delle cartucce comuni, monofoniche. Anche il peso è, generalmente, minore. Le cartucce a ferro mobile pesano circa 10 grammi, quelle a cristallo piezoelettrico pesano da 6 a 8 grammi, quelle a bobina mobile pesano da 25 a 30 grammi.

L'uscita delle cartucce stereo è 400 millivolt per quelle a cristallo piezoelettrico, di 300 a 500 mV per quelle ad elementi ceramici, di 6 mV per quelle a ferro mobile, e di 1 millivolt per quelle a bobina mobile.

La gamma di frequenze è estesissima per tutte le cartucce stereo; la massima estensione di gamma è ottenuta da quelle di tipo a bobina mobile.

CARTUCCE STEREO A CRISTALLO.

Le cartucce stereo a cristallo piezoelettrico sono tra le più diffuse, dato il loro costo, relativamente basso, la buona resa d'uscita, e la notevole gamma audio.

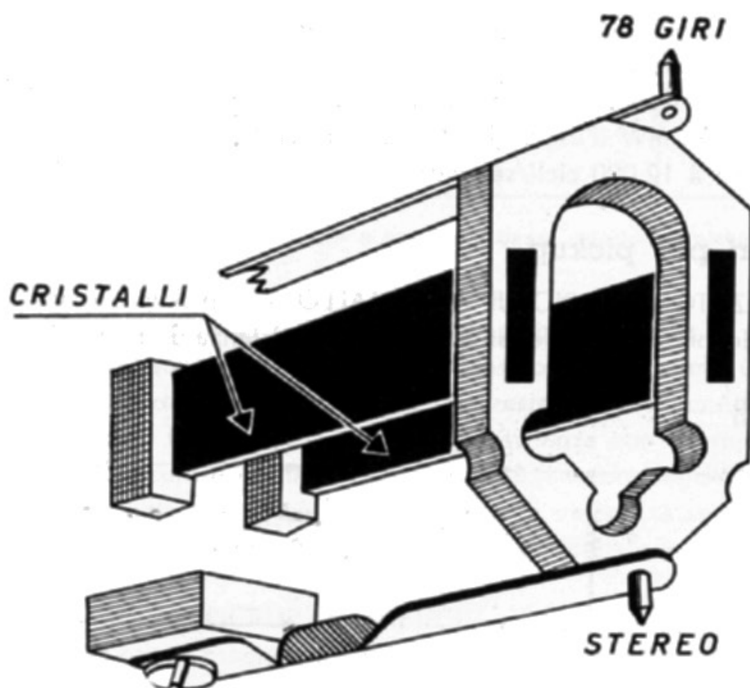


Fig. 6.41. C - Principio del fonorivelatore ribaltabile, a due puntine.

Generalmente sono provviste di due puntine, una per la riproduzione dei dischi stereo e mono a microsolco, e l'altra per i dischi veloci, a 78 giri.

Il principio delle cartucce a cristallo è quello di fig. 6.41B. I due cristalli sono sistemati ad angolo, fissati da un lato e liberi dall'altro. La puntina comunica i

propri movimenti ai due cristalli mediante un giunto elastico. Ciascun cristallo è provvisto di due conduttori di uscita.

La fig. 6.41C illustra la disposizione dei due cristalli nelle cartuccie con due puntine. Essi si trovano nei due lati di un esagono. Il funzionamento della cartuccia è identico, per stereo e mono; anche con i dischi a 78 giri vi sono due tensioni audio alle due uscite, ma esse vengono presentate alle due entrate dell'amplificatore,

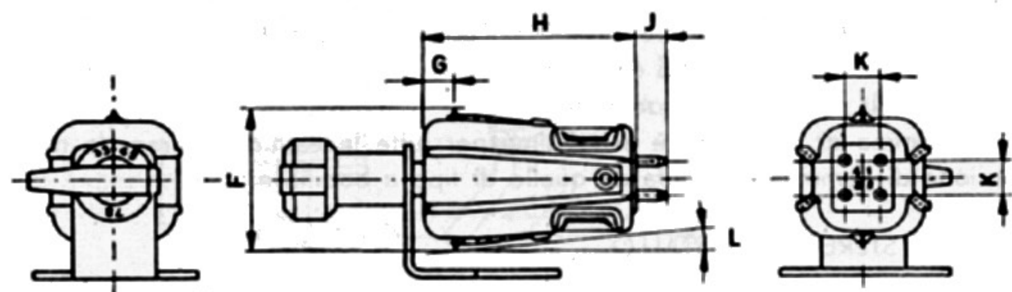


Fig. 6.41. D - Aspetto di fonorivelatore stereo a cristalli piezoelettrici.

poste in parallelo, ossia unite. Funzionano come un'uscita sola, collegata all'entrata di un solo amplificatore. È sufficiente mettere l'amplificatore in posizione « mono ».

La fig. 6.41D indica un esempio di cartuccia stereo. È la Ronette 105 e 106. La 105 fornisce 250 mW d'uscita; la 106 ne fornisce 500 mW. La gamma audio è, per ambedue, da 30 a 12 000 cicli/secondo.

Equalizzatori per pickup.

EQUALIZZATORI PER PICKUP A CRISTALLO. — I pickup a cristallo sono ad alta impedenza e devono venir collegati ai capi della resistenza di griglia della valvola d'en-

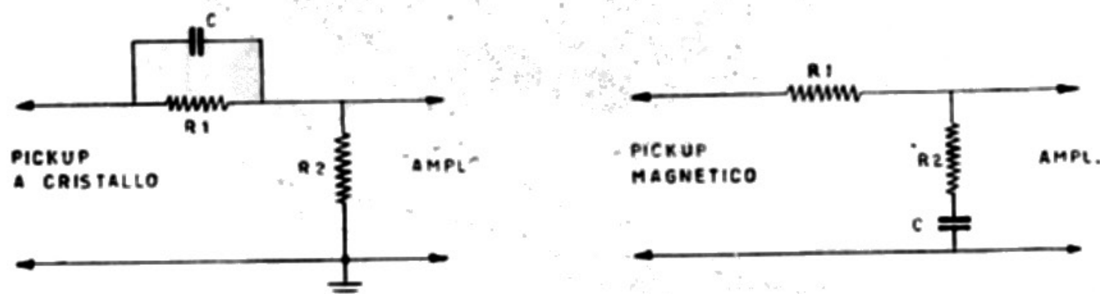


Fig. 6.42. - Semplici equalizzatori per pickup.

trata, di valore adeguato, compreso tra 0,25 ed 1 megaohm. Il valore normale, da usare correntemente, è quello di 0,5 megaohm; il valore di 1 megaohm è opportuno se si vuole accentuare il responso alle basse frequenze, e quello da 0,25 megaohm se invece si vuole attenuarlo.

L'equalizzatore adatto per pickup a cristallo è quello di fig. 6.42. L'ampiezza

dell'incisione fonografica diminuisce con l'elevarsi della frequenza, ciò che determina una attenuazione delle frequenze elevate di circa 6 decibel per ottava. Il valore medio di R_1 è di 1,5 megaohm; l'ottimo responso alle frequenze basse si ottiene quando la somma delle due resistenze è di 2 megaohm. Il valore del condensatore in parallelo è, in tal caso, di 400 pF; può venir variato tra 500 e 50 pF. Teoricamente la reattanza in ohm del condensatore, alla frequenza di 1000 cicli, deve essere eguale al valore della resistenza in parallelo.

Aumentando il valore di R_1 occorre diminuire il valore di C_1 e viceversa; ad alti valori di R_1 e corrispondenti bassi valori di C_1 corrisponde l'accentuazione dei bassi e l'attenuazione degli alti, e viceversa. L'equalizzatore determina un abbassamento notevole della tensione applicata all'entrata dell'amplificatore; se il valore di R_1 è alto, può avvenire che la tensione ad audiofrequenza risulti insufficiente, occorre quindi equalizzare il responso del pickup tenendo conto dell'amplificazione com-

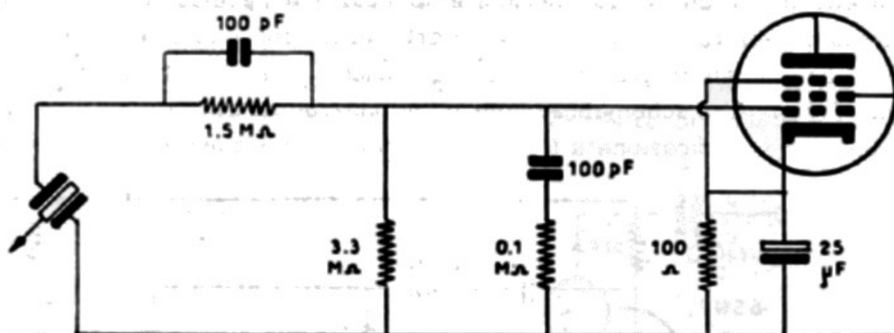


Fig. 6.43. - Equalizzatore per i toni alti e per i toni bassi, adatto per pickup a cristallo.

plessiva disponibile. In caso di radiofonografi di piccola potenza, è bene limitare il valore di R_1 ad 1 megaohm; in tal caso il condensatore in parallelo è di 500 pF.

Un equalizzatore doppio, costituito da una resistenza con condensatore in parallelo per accentuare i toni bassi, e da un'altra resistenza con condensatore in serie, per accentuare i toni acuti, è illustrato dalla fig. 6.43. I valori dei due rami dell'equalizzatore sono equilibrati, ma possono subire notevoli varianti a seconda della caratteristica di responso del pickup e delle esigenze dell'ascoltatore.

EQUALIZZATORE PER PICKUP MAGNETICI. — I pickup magnetici hanno estrema tendenza a captare i campi magnetici variabili, prodotti dal motorino, dal trasformatore d'alimentazione, ecc. per cui è molto facile che la riproduzione fonografica sia guastata dalla presenza di ronzio. È questa una delle principali ragioni per cui vengono utilizzati pickup a cristallo anche nei complessi sonori d'alta classe, nonostante che solo i pickup magnetici riproducano fedelmente l'incisione fonografica, per effetto della caratteristica a velocità costante, alla quale è già stato accennato.

Con pickup magnetici vi è minore necessità di equalizzazione, salvo per la banda di frequenze basse, da 50 a 250 cicli, dato che in essa l'incisione è del tipo ad ampiezza

costante. L'equalizzatore deve esaltare tali frequenze, in modo da riportarle al livello naturale, superiore a quello d'incisione.

Il principio dell'equalizzatore per pickup magnetico è indicato dalla fig. 6.42. Teoricamente, la reattanza del condensatore C deve essere eguale al valore della resistenza in serie R_2 alla frequenza di passaggio, ossia a 250 cicli/secondo. Il valore della resistenza R_1 dipende dall'accentuazione dei toni bassi e dalla tensione d'uscita del pickup.

Non è quasi mai opportuno collocare l'equalizzatore tra il pickup magnetico e l'entrata dell'amplificatore, salvo a prendere estreme cautele onde evitare il ronzio, perciò viene generalmente collocato tra il primo ed il secondo stadio d'amplificazione, insieme all'eventuale filtro per il fruscio, fisso o regolabile. Fanno eccezione i piccoli radiofonografi.

Ciò risulta particolarmente importante quando si tratta di dischi a microsolco, dato il basso livello d'incisione e quindi l'alta amplificazione necessaria, con conseguente maggiore pericolo di ronzio, per cui salvo poche eccezioni, i complessi fonografici per microsolco sono dotati di pickup a cristallo anzichè di pickup magnetico.

La fig. 6.44 illustra schematicamente un equalizzatore disposto tra il primo ed il secondo stadio d'amplificazione a triodo; i due triodi sono quelli di una valvola 6SN7.

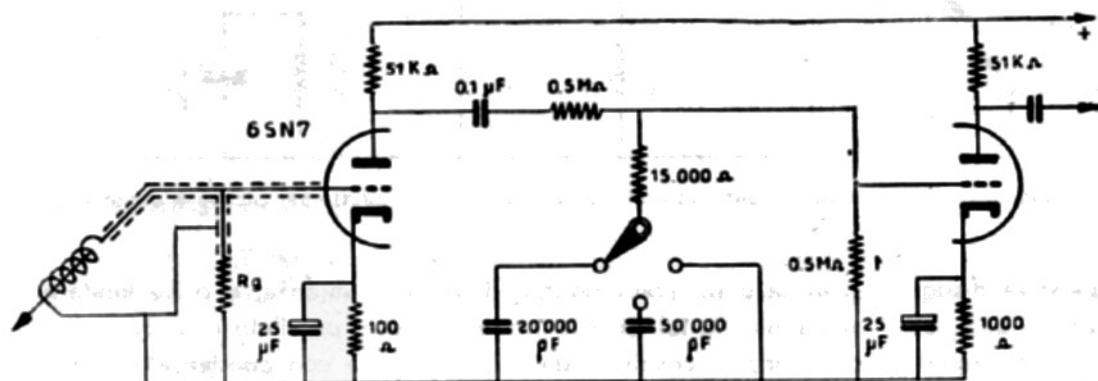


Fig. 6.44. - Equalizzatore per pickup elettromagnetico. È simile al precedente. Non essendo possibile sistemarlo all'ingresso della prima valvola, è posto tra il primo ed il secondo stadio di amplificazione.

Il valore di R_g varia a seconda del pickup, e generalmente è indicato dal Costruttore. L'equalizzatore è quello indicato dalla figura precedente, con la differenza che è possibile variare il valore della capacità, a seconda del tipo di disco, normale o a microsolco. Anche in questo caso la presenza dell'equalizzatore determina una più bassa resa d'uscita, per cui è adatto solo se il guadagno dell'amplificatore è sufficientemente elevato.

Calcolo numerico degli elementi dell'equalizzatore.

Per il calcolo degli elementi dell'equalizzatore va tenuto presente che il pickup a cristallo si comporta come un generatore di tensione alternativa con in serie un con-

densatore di determinata capacità, in genere di qualche centinaia di picofarad. Ciò è illustrato in fig. 6.45 dove la capacità in serie è supposto sia di 450 picofarad.

Supponendo che il generatore produca una tensione alternativa di ampiezza costante alle varie audiofrequenze, ai capi del pickup l'ampiezza di tale tensione non è più costante, per la diversa reattanza capacitativa offerta dal condensatore, maggiore alle frequenze più basse e minore a quelle più alte.

Qualora il pickup venga posto in parallelo alla resistenza di entrata dell'amplificatore, l'ampiezza della tensione ad audiofrequenza ai capi della resistenza di entrata varia al variare della frequenza; tale variazione è diversa a seconda del valore della stessa resistenza di entrata. Queste variazioni sono graficamente illustrate dalle curve di fig. 6.46.

Con resistenze di entrata di 5 megaohm le variazioni d'ampiezza della tensione ad audiofrequenza entro la gamma da 30 a 15 000 cicli sono contenute entro ± 2,5 dB, mentre con la resistenza di entrata di 0,25 megaohm le variazioni entro la stessa gamma sono notevolmente più accentuate, essendo comprese tra + 2 dB e — 25 dB. Ciò avviene poichè la reattanza capacitativa forma con la resistenza di entrata un partitore di tensione, e la tensione ai capi della resistenza di entrata è tanto minore

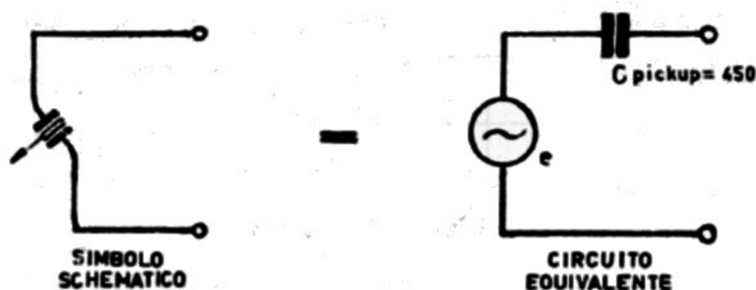


Fig. 6.45. - Pickup a cristallo e relativo circuito equivalente.

quanto maggiore è la reattanza capacitativa, ossia quanto più bassa è l'audiofrequenza.

Per la migliore linearità sarebbe necessario che la resistenza di ingresso fosse sempre molto alta, ad es., di 5 megaohm; poichè in pratica ciò non avviene, è necessario collegare in parallelo al pickup un condensatore di capacità tale da ottenere la stessa costante di tempo che si avrebbe con alta resistenza di entrata. In tal modo si ottiene una curva a livello di uscita inferiore a quella ottenibile con resistenza di entrata elevata, ma con la stessa linearità di responso alle varie frequenze.

Qualora per le caratteristiche dell'impianto sonoro e particolarmente dell'altoparlante, la curva meglio adatta fosse quella corrispondente a 2 megaohm di entrata, mentre l'entrata dell'amplificatore fosse di 1 megaohm con capacità distribuita di 100 picofarad in parallelo, basterebbe collegare in parallelo al pickup un condensatore di capacità risultante dal calcolo seguente:

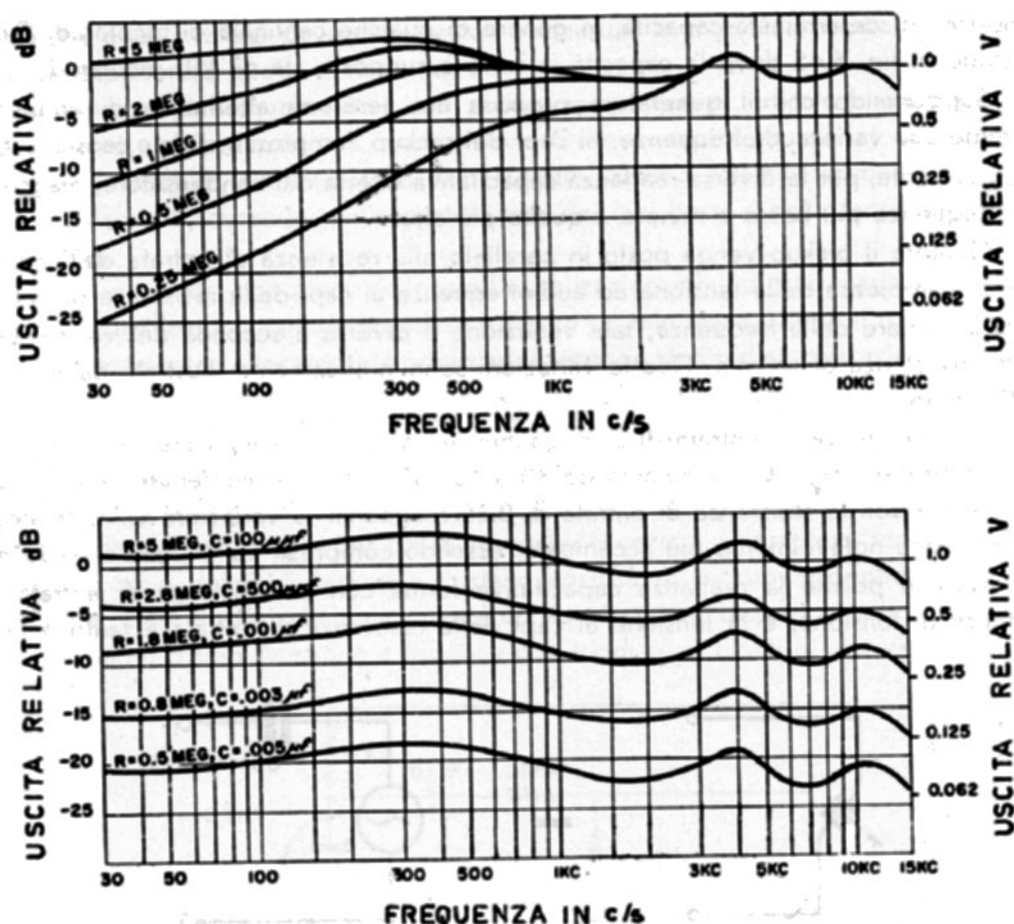


Fig. 6.46. - Curve relative all'amplificazione delle varie frequenze in rapporto alla caratteristica d'entrata dell'amplificatore.

Costante di tempo della curva desiderata $= R$ entrata (C parallelo + C pickup), secondi

$$= 2\ \mathrm{M\Omega}\ (100\ \mathrm{pF} + 450\ \mathrm{pF})$$
$$= 2 \times 10^{6}\ (550 + 10^{-12})$$
$$= 1\,100\ \text{microsecondi.}$$

La nuova costante di tempo deve anch'essa essere di 1 100 microsecondi, per cui:

$$R'\ \text{entrata}\ (C'\ \text{parallelo} + C\ \text{pickup}) = 1\,100\ \mu s = 1\,100 \times 10^{-6}$$
$$R'\ \text{entrata} = 1\ \mathrm{M\Omega} = 10^{6}$$
$$(C'\ \text{parallelo} + C\ \text{pickup}) = \frac{1\,100 \times 10^{-6}}{R'\ \text{entrata}} = \frac{1\,100 \times 10^{-6}}{10^{6}}$$
$$(C'\ \text{parallelo} + C\ \text{pickup}) = 1\,100 \times 10^{-12} = 1\,100\ \text{pF}$$
$$C'\ \text{parallelo} = 1\,100\ \text{pF} - C\ \text{pickup}$$
$$= 1\,100\ \text{pF} - 450\ \text{pF}$$
$$C'\ \text{parallelo} = 650\ \text{pF}$$

In tal modo è possibile ottenere la stessa curva corrispondente ad entrata di 2 megaohm con amplificatore ad entrata di un solo megaohm, collegando in parallelo a quest'ultimo un condensatore di capacità 650 — 100 = 550 picofarad.

La migliore linearità così ottenuta va a scapito della tensione del segnale all'entrata, il quale risulta ridotto a circa la metà.

L'equalizzazione indicata è adatta qualora tale riduzione di tensione all'entrata risulti ammissibile, considerato il guadagno totale dell'amplificatore.

3. — IL CAMBIADISCHI AUTOMATICO.

Categorie di cambiadischi.

Il *cambiadischi automatico* consente l'audizione di più dischi fonografici senza richiedere l'intervento dell'ascoltatore; provvede alla sostituzione di un disco dopo l'altro, ed a tutte le manovre necessarie per passare dalla fine di un disco all'inizio dell'altro. I dischi vengono riuniti in una *pila*, la quale viene infilata al perno centrale del cambiadischi, rimanendo sospesa sopra il piatto rotante.

Le *manovre automatiche* a cui provvede il cambiadischi sono le seguenti, nell'ordine:

prima: — far scendere un disco sul piatto rotante,

seconda: — sollevare il pickup dalla posizione di riposo, portarlo verso l'orlo del disco, quindi farlo scendere in modo che la puntina si adagi dolcemente nel solco iniziale del disco, qualunque sia il suo diametro,

terza: — sollevare nuovamente il pickup non appena raggiunge la spira finale dell'incisione, portarlo fuori, oltre l'orlo del disco,

quarta: — far scendere un altro disco dalla pila soprastante, in modo che si adagi sul disco precedente,

quinta: — riportare il pickup sul disco e farlo scendere sull'inizio dell'incisione.

Il tempo necessario al compimento delle varie manovre automatiche varia da un cambiadischi all'altro, è però sempre molto breve, dell'ordine di alcuni secondi, in modo da limitare al minimo l'interruzione dell'audizione.

A seconda del modo con cui vengono effettuate le manovre automatiche, i cambiadischi si possono distinguere in due diverse categorie:

(a) — *cambiadischi « ad una sola faccia »*, in grado di riprodurre un lato solo di ciascun disco della pila;

(b) — *cambiadischi « a due faccie »*, in grado di riprodurre i due lati di ciascun disco prima di passare al disco successivo.

I cambiadischi « ad una faccia » sono di costruzione e di funzionamento relativamente semplici, quindi di costo moderato; i cambiadischi « a due facce » sono

necessariamente più complessi, quindi di costo più alto. Con i primi si ottiene l'audizione dell'incisione presente su un lato solo di ciascun disco; finito l'ascolto dell'ultimo disco, è necessario prendere la pila di dischi presente sul piatto, sollevarla, voltarla e infilarla di nuovo al perno centrale. La pila rimane sospesa sul piatto, e non appena il cambiadischi viene rimesso in funzione, il primo disco scende sul piatto.

L'inconveniente dei cambiadischi « ad una faccia » non è però tanto nella necessità di dover voltare la pila di dischi a metà audizione, quanto nel fatto che non è possibile l'ascolto di una successione regolare di più dischi, cosa questa di notevole importanza quando si tratti di una opera lirica o comunque di un'esecuzione musicale distribuita su più dischi. Il cambiamento automatico dei dischi è particolarmente utile proprio in questi casi; poichè i cambiadischi « ad una sola faccia » sono di gran lunga più diffusi, gli album di dischi vengono già predisposti per il cambio manuale e per quello automatico dei dischi, il quale si riferisce soltanto al tipo « ad una sola faccia ». Negli album così predisposti, su un lato del primo disco è inciso l'inizio della prima metà dell'opera, mentre sull'altro lato dello stesso disco è inciso l'inizio della seconda metà dell'opera. Se, ad es., l'opera è incisa su otto dischi, la prima metà dell'opera è incisa su un lato solo di tutti gli otto dischi, mentre l'altra metà è presente sull'altro lato. In tal modo, capovolgendo la pila di otto dischi si ottiene la continuazione regolare dell'audizione.

I cambiadischi « a due faccie » sono riservati solo a complessi sonori di alta classe e di costo elevato; essi utilizzano gli album per il cambio manuale.

Alcuni cambiadischi possono venir caricati con una pila di 8 dischi, altri con una pila di 10 dischi; solo alcuni cambiadischi di alto costo possono venir caricati con una pila di 12 dischi. Inoltre, alcuni cambiadischi possono funzionare solo con una pila di dischi dello stesso diametro, per es. di 25 cm oppure di 30 cm, altri invece possono suonare una pila di dischi di vario diametro, di 25 o da 30 cm, frammischiati. I dischi da 18 cm devono venir suonati senza automatismo, con cambio manuale di uno per volta; sono rari i cambiadischi adatti per dischi di qualsiasi diametro.

Il dispositivo per il cambio dei dischi.

Il *perno centrale* dei cambiadischi ha grande importanza, poichè deve sostenere la pila di dischi ad una certa altezza sopra il piatto rotante, sul quale scende un disco per volta. Il perno è lungo, e rimane immobile durante la rotazione del piatto; in alcuni cambiadischi è diritto, in altri è inclinato; quando il perno è diritto, la pila di dischi rimane in posizione orizzontale, quando è inclinato, anche la pila di dischi rimane in posizione inclinata rispetto il piatto sottostante. In quasi tutti i cambiadischi, il perno centrale è levabile.

Dalla pila sostenuta dal perno centrale, i dischi scendono uno per volta sotto di essa; quando l'ultimo disco è disceso in basso, tutta la pila risulta trasferita sul piatto rotante, e gira insieme ad esso. Finita l'audizione dell'ultimo disco, la pila va voltata, come detto.

I dispositivi in uso per sostenere la pila di dischi, e per far scendere da essa i

dischi, si dividono in tre grandi categorie: *a*) dispositivi a pulsante, *b*) dispositivi a perno azionato, e *c*) dispositivi a palette.

Tutti e tre questi dispositivi si basano sul principio di far sostenere la pila di dischi dal perno centrale, il quale è perciò sagomato in modo opportuno, come indica la fig. 6.47. La pila di dischi poggia su una sporgenza, su una tacca, presente ad un

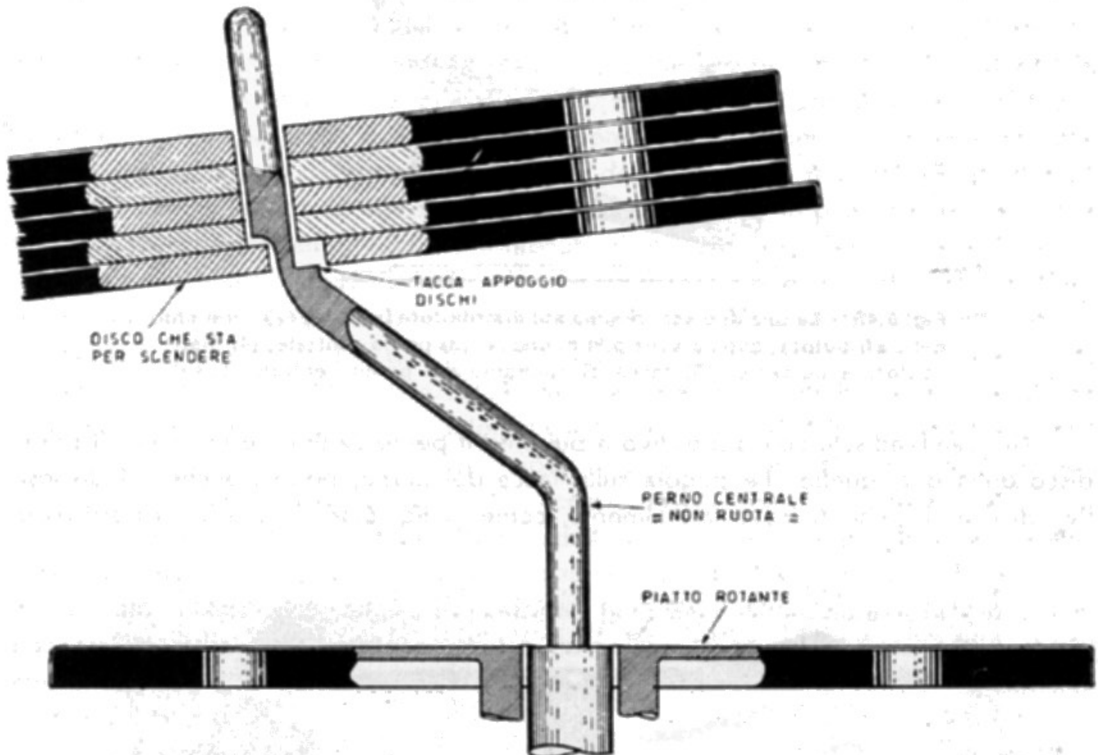


Fig. 6.47. - Il disco sottostante la pila ha subito una spinta da sinistra verso destra, ed ha scavalcato la tacca di appoggio del perno. Ora è libero di scendere sul piatto rotante, mentre il resto della pila scenderà sulla tacca.

certo punto del perno; questo punto di appoggio è necessariamente piccolo, dato che il perno e la tacca non possono essere di dimensioni maggiori del foro centrale dei dischi, ma è sufficiente per sostenere la pila di dischi.

DISPOSITIVI A PULSANTE PER IL CAMBIO DEI DISCHI.

Nel momento in cui è necessario che un disco della pila scenda sul piatto giradischi sottostante, entra in azione un dispositivo automatico, detto *pulsante* o *pusher*. Esso esercita una pressione sull'orlo del disco che si trova sotto la pila, quello che poggia direttamente sulla tacca, e gli fa superare la tacca stessa. In tal modo, il disco è libero di scendere sul piatto rotante, guidato dal perno. Nello stesso tempo, gli altri dischi scendono a loro volta, e si appoggiano alla tacca del perno. Non è pos-

sibile che scenda più di un disco alla volta, a meno che non si tratti di disco deteriorato, con foro troppo largo, tale da non poter essere trattenuto dalla tacca.

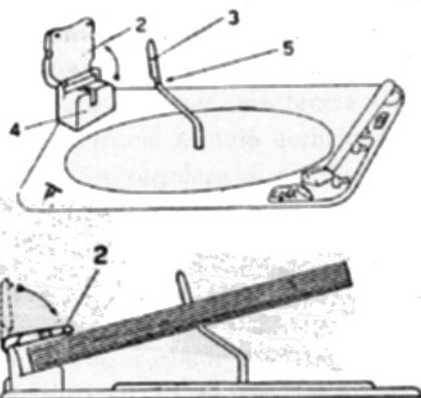


Fig. 6.48. - La pila di dischi poggia sul distributore laterale; (2) coperchio del distributore, poggia sulla pila di dischi; (3) perno centrale; (4) distributore a pulsante; (5) tacca di appoggio del perno centrale (Lesa).

Nei cambiadischi con dispositivo a pulsante il perno centrale è inclinato; il primo disco della pila, quello che poggia sulla tacca del perno, poggia anche sul dispositivo di cambio, che si trova lateralmente, come in fig. 6.48. È questo dispositivo di

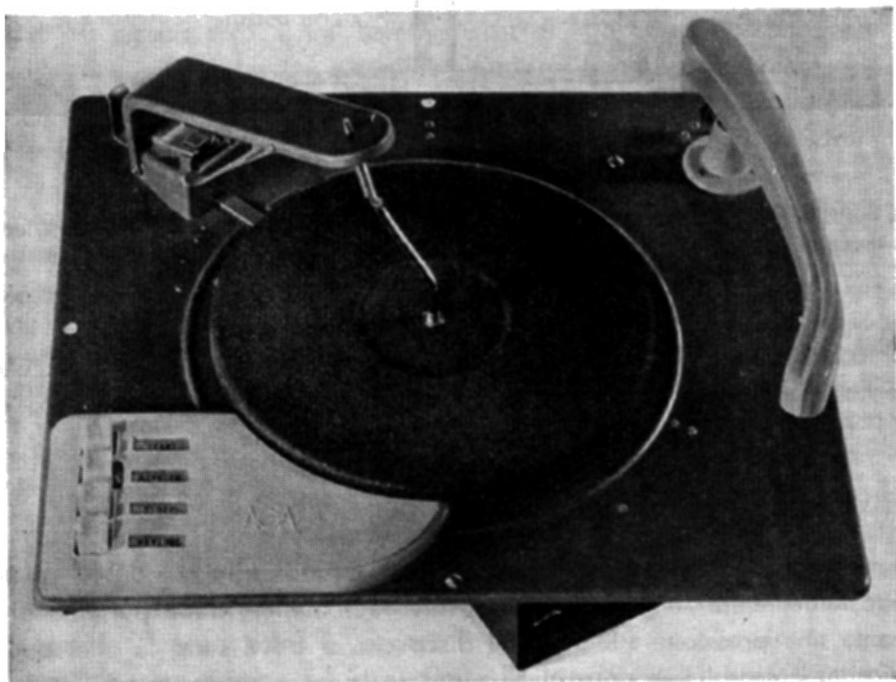


Fig. 6.49. - Cambiadischi automatico a perno con tacca d'appoggio e distributore a pulsante (AGA).

cambio che è provvisto del pulsante; vien detto *distributore*. Sopra la pila di dischi vien fatto poggiare un braccio metallico, fissato a cerniera al dispositivo di cambio, e provvisto all'altra estremità di un foro. Dopo che la pila di dischi è stata collocata, il braccio viene portato sopra di essa, ed il foro messo in coincidenza con il perno centrale. Il braccio ha lo scopo di assicurare la stabilità della pila di dischi, e di far stare il perno centrale inclinato verso il distributore.

Pur essendo il principio del distributore a pulsante sempre lo stesso, la realizzazione pratica varia da un cambiadischi all'altro. In genere è costituito da due parti mobili, quella che sostiene la pila di dischi, e quella che provvede a spingere il primo disco oltre la tacca di sostegno del perno centrale, per farlo scendere. Sono comandate da un unico eccentrico, in modo da ottenere un movimento simultaneo. In alcuni cambiadischi vi è una sola parte mobile, visto che la pila non può scendere tutta sul piatto sottostante, essendo trattenuta dalla tacca del perno.

Anche il braccio soprastante la pila non è sempre usato; in alcuni cambiadischi è sostituito da un cilindretto gommato o da rotelline poggianti sull'orlo della pila.

In tutti i cambiadischi di questo tipo, il distributore è adatto sia per i dischi da 25 cm che per quelli da 30 cm; in alcuni cambiadischi il distributore è a regolazione manuale, in altri è a regolazione automatica. Nel primo caso, i dischi della pila sono tutti dello stesso diametro, ed il distributore va girato a mano, in modo da sostenere i dischi di un diametro o dell'altro. Nel secondo caso i dischi della pila possono essere di diametro diverso, frammischiati, ed il distributore si regola da solo al diametro del disco che sta per scendere, comandato da un *tasto per dischi da 30 centimetri* detto anche *selezionatore*. In posizione normale il distributore è pronto ad accogliere un disco di 25 cm; non appena sta per scendere dalla pila un disco da 30 cm, il maggior diametro di quest'ultimo fa sì che il tasto entri in funzione e comandi il distributore ad accorciarsi.

I tasti per i dischi da 30 cm sono di vario tipo, e costituiscono la caratteristica saliente dei cambiadischi di questa categoria.

DISPOSITIVI DI CAMBIO A PERNO AZIONATO.

I cambiadischi a perno azionato si distinguono per avere il perno centrale diritto anzichè inclinato. Il pulsante si trova nell'interno del perno stesso, come indica la fig. 6.50. La pila di dischi poggia sulla tacca del perno; il disco che deve scendere sul piatto viene spinto oltre la tacca da una parte mobile che viene a sporgere oltre la finestra sopra la tacca. Qualunque sia il diametro del disco da far scendere, il comando è sempre lo stesso, in quanto anzichè agire sull'orlo esterno del disco, agisce su quello del foro.

I cambiadischi a perno azionato hanno un aspetto molto semplice, si distinguono dai comuni giradischi per il perno centrale più lungo, in quanto manca il distributore laterale. Sono provvisti di braccio pressadischi, da sistemare sopra la pila di dischi; esso serve sia ad assicurare stabilità alla pila di dischi, sia ad impedire che un urto contro la pila possa far inclinare e spezzare il perno centrale. Uno degli inconvenienti maggiori di questo tipo di cambiadischi è appunto quello della relativa faci-

lità con cui il perno centrale può spezzarsi, essendo cavo. Per questa ragione, il perno centrale è sempre facilmente sostituibile, ed i cambiadischi sono provvisti di perno di ricambio.

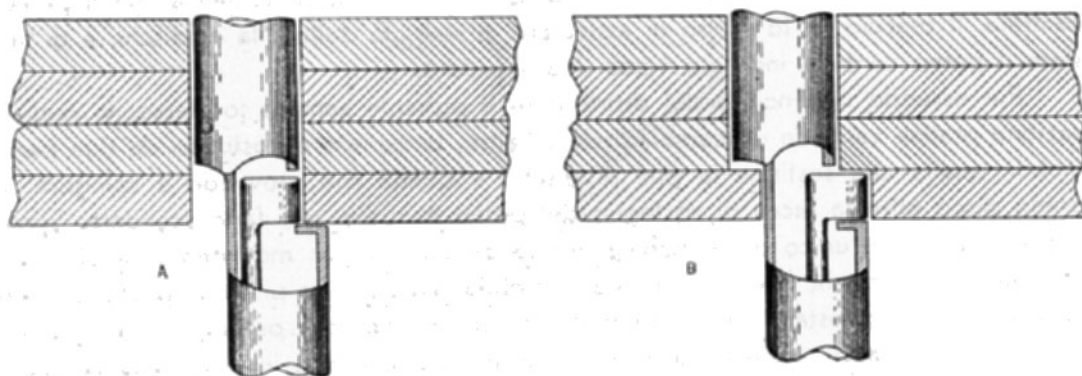


Fig. 6.50. - Principio di funzionamento del perno centrale azionato. A sinistra la pila di dischi è appoggiata sulla tacca del perno centrale; a destra, il disco sottostante la pila è stato spinto oltre la tacca e sta per scendere sul piatto rotante.

In alcuni cambiadischi (Philips) al posto della parte mobile nell'interno del perno centrale, è tutto il perno che si sposta al momento del cambio del disco, rispetto ad una parte fissa esterna tubolare. Il risultato è lo stesso, ma la solidità del perno risulta maggiore.

La semplicità di questo tipo di dispositivo è solo apparente, poichè è egual-



Fig. 6.51. - Cambiadischi automatici del tipo a perno azionato (V-M).

mente necessario un dispositivo selezionatore, il quale « senta » il diametro del disco disceso sul piatto, e comandi il movimento del braccio del pickup, altrimenti esso non avrebbe la possibilità di portarsi all'inizio dell'incisione. Anche in questo caso la selezione avviene mediante un tasto per dischi da 30 cm, sul quale agisce il disco di tale diametro durante la sua discesa dalla pila al piatto.

DISPOSITIVI DI CAMBIO A PALETTE.

I cambiadischi di questa categoria si distinguono in due gruppi: *a*) a distributore mobile e *b*) a distributore fisso. Nei *cambiadischi a distributore mobile*, quest'ultimo è provvisto di due coppie di palette, una coppia per i dischi da 25 cm e l'altra per quelli da 30 cm. Ciascuna coppia di palette è formata da una paletta sottostante la pila di dischi, la quale sostiene la pila stessa insieme alla tacca del perno centrale, e da una paletta laterale, all'esterno della pila, ma in immediata prossimità di essa. Le due palette sono a livello diverso; quella laterale si trova più in alto di quella sottostante la pila, dello spessore di un disco.

Al momento di far scendere un disco dalla pila, il distributore ruota di 90 gradi intorno al proprio asse; mentre la paletta sottostante si allontana dalla pila, l'altra s'introduce tra il disco che deve scendere sul piatto rotante ed il disco soprastante; essa sostiene la pila di dischi mentre il disco scende sul piatto. Subito dopo il distributore inizia il movimento per ritornare nella posizione iniziale, la paletta superiore si sposta verso l'esterno mentre quella inferiore passa sotto la pila di dischi, la quale scende su di essa e sulla tacca del perno.

Con questo tipo di cambiadischi, i dischi della pila devono essere tutti dello stesso diametro; prima di mettere la pila di dischi sul perno centrale, è necessario sistemare a mano il distributore nella posizione « 25 » o « 30 ». Poichè lo spessore dei dischi varia da 1,8 a 2,5 mm, il cambiadischi funziona bene solo se i dischi sono tutti dello spessore normale, diversamente la paletta laterale non può infilarsi tra un disco e l'altro.

Nei cambiadischi a distributore fisso (Siemens), il perno centrale è liscio; il distributore è doppio, una parte è situata ad un lato, l'altra al lato opposto. La pila di dischi poggia sulle due parti del distributore. Le palette sottostanti si abbassano mentre le soprastanti le sostituiscono nel trattenere la pila dei dischi.

Caratteristiche comuni dei cambiadischi.

VELOCITA' DI CAMBIO. — L'intervallo di tempo necessario per passare dalla fine di un disco all'inizio del successivo varia a seconda dell'automatismo impiegato; è compreso tra un màssimo di 10 secondi ad un minimo di 4 secondi; solo il cambiadischi della RCA-Victor, funzionante con dischi a 45 giri, appositamente foggiati, provvede al cambio ad altissima velocità, poco più di un secondo.

SOSTA. — Alcuni cambiadischi sono provvisti di dispositivo di sosta, con il quale è possibile aumentare l'intervallo di cambio a 2 o a 3 minuti, ciò che riesce utile in alcune circostanze.

RIFIUTO. — Quasi tutti i cambiadischi consentono di ordinare il passaggio al disco successivo, prima che quello sul piatto giunga alla fine, qualora l'audizione non interessi.

RIPETIZIONE. — Alcuni cambiadischi sono provvisti di comando di ripetizione, con il quale è possibile risentire il disco sul piatto prima di passare al disco successivo.

FINE ULTIMO DISCO. — Alcuni cambiadischi si arrestano automaticamente non appena raggiunta la fine dell'ultimo disco, altri invece ripetono l'ultimo disco sino a tanto che il cambiadischi non viene arrestato, agendo sull'apposito comando.



Fig. 6.52. - Cambiadischi automatico con amplificatore e altoparlante.

DISCO UNICO. — Tutti i cambiadischi possono venir utilizzati con il cambio manuale, collocando un disco per volta sul piatto rotante.



Fig. 6.53. - Cambiadischi automatico Lesa a tre velocità, del quale le tre figure seguenti indicano le caratteristiche meccaniche. Il principio generale è quello di fig. 6.48.

Cambiadischi a una o più velocità.

Ad *una velocità* sono i cambiadischi adatti per i soli dischi a solco normale, a 78,26 giri al minuto; i cambiadischi di costruzione recente sono adatti anche per la riproduzione dei dischi a microsolco, più lenti; si distinguono in due tipi: (a) *a due velocità*, 78,26 e 33,3 giri al minuto e (b) *a tre velocità*, 78,26, 45 e 33,3 giri al minuto. Il meccanismo automatico è lo stesso, sia per i dischi a solco normale che per quelli a microsolco. Il riduttore di velocità è quello illustrato dalla fig. 6.16.

I cambiadischi a due o a tre velocità sono provvisti di *pickup a due testine*, una per i dischi normali e l'altra per i dischi a microsolco. In alcuni cambiadischi le due

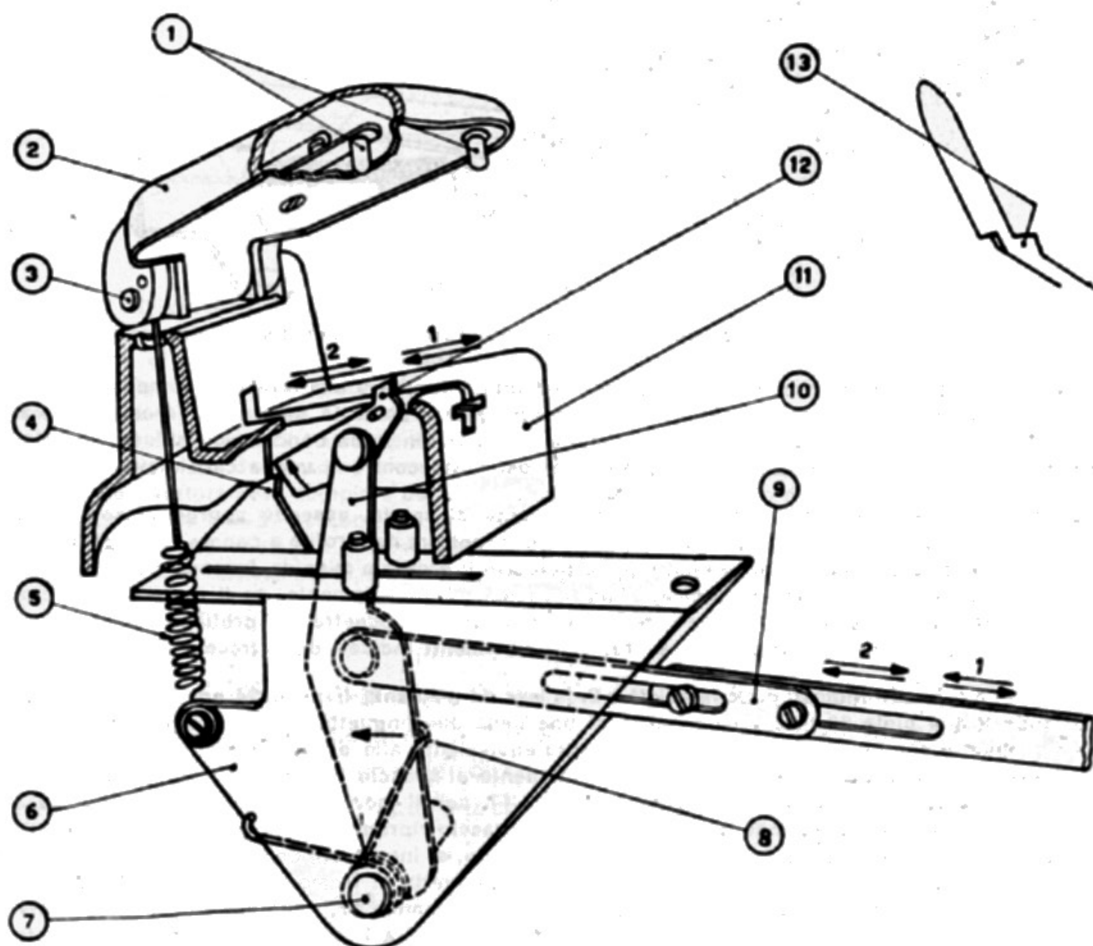


Fig. 6.54. - Caratteristiche meccaniche del cambiadischi automatico Lesa.

La pila di dischi si appoggia sul gradino del perno 13 e sul piano dello zoccolo 11; dalla cava dello zoccolo 11 sporge il dente di spinta 12 (tasto dischi da 30 cm), applicato alla leva 10, sul quale il disco preme se di diametro di 30 cm, facendolo rientrare nella cava medesima. In tal caso la coda del dente 12 si solleva nel senso indicato dalla freccia. I dischi da 25 cm non arrivano sino al dente 12, quindi non lo premono e lo lasciano sporgere.

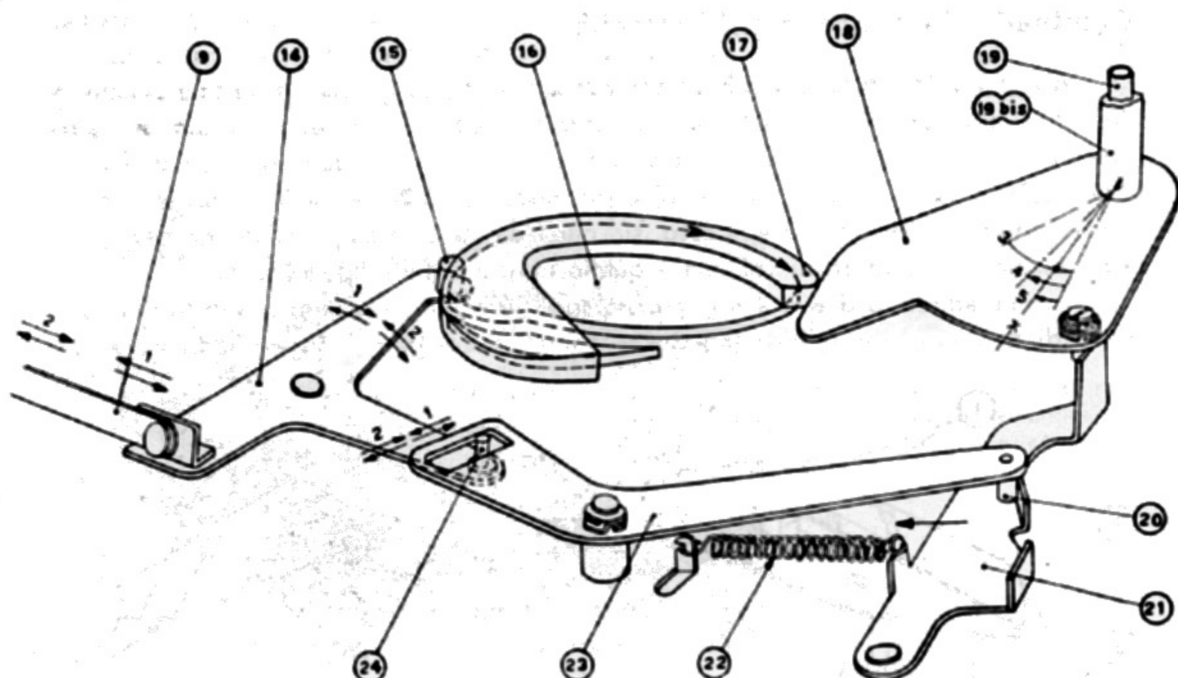


Fig. 6.55. - Comandi del braccio porta-pickup nel cambiadischi Lesa.

La leva 10 della figura precedente è collegata mediante il tirante 9 alla leva 14; la molla 8, esercitando la sua trazione nel senso della freccia, costringerà il piolo 15 della leva 14 ad aderire al profilo di camma 16. Questo profilo si compone di 3 porzioni, una concentrica all'asse di rotazione della camma; una a cuspide allontanantesi dal detto centro e una a canale avvicinantesi.

Se il disco da fare cadere sul piatto è di 25 cm, il dente di spinta, essendo sporgente con la sua coda, va ad urtare il fermo 4 impedendo al piolo 15 di penetrare nel profilo a canale della camma 16. Superata l'imboccatura di detto canale, il piolo percorre il profilo a cuspide facendo compiere agli organi 14, 9, 10, 12 i movimenti indicati dalle freccie 1. Contrariamente, se il disco è di 30 cm, la coda del dente di spinta non urta il fermo 4 ed il piolo 15 penetra nel profilo canale facendo compiere agli organi 14, 9, 10, 12 i movimenti indicati dalle freccie 2.

In base ai movimenti indicati dalle freccie 1 e 2, la leva 14 mediante il piolo 24 sposterà la leva 23 portando il suo piolo 20 in corrispondenza di una delle due linguette di fermo della leva 21. Le dette linguette sono spostate fra di loro in misura equivalente alla differenza dei raggi dei dischi di diametro 30 e 25. La leva 18, collegata rigidamente al braccio riproduttore ruotando sul suo perno 19-bis si sposta, spinta dal profilo di camma 17, con il movimento indicato dalla freccia 3 (Questo movimento corrisponde alla fuoriuscita del braccio riproduttore dal disco già riprodotto). Durante questo spostamento la leva 18, ad un dato punto, si incontrerà con la paletta della leva 21 trascinandola nel suo movimento. In conseguenza la linguetta di fermo si staccherà dal piolo 20 e la molla 22 si metterà in trazione. Quando il profilo di camma 17, nella sua rotazione, presenterà il vano alla leva 18, questa, spinta dalla molla 22, compirà il movimento di ritorno indicato dalle freccie 4-5. Questo movimento si interromperà quando una delle due linguette di fermo della leva 21 urteranno il piolo 20 neutralizzando la trazione della molla 22. A seconda che il piolo 20 si trovi in corrispondenza di una o dell'altra linguetta di fermo, avremo i movimenti 4 o 5 equivalenti agli spostamenti necessari al braccio riproduttore per raggiungere l'inizio del disco di diametro 25 o 30.

testine sono separate e intercambiabili; in altri tipi le due testine sono unite insieme, formano una testina doppia a due sezioni, ciascuna provvista del proprio stilo, più grosso per i dischi comuni e più sottile per quelli a microsolco. La testina doppia è girevole; consente di utilizzare l'uno e l'altro dei due stili, posti uno sopra e l'altro

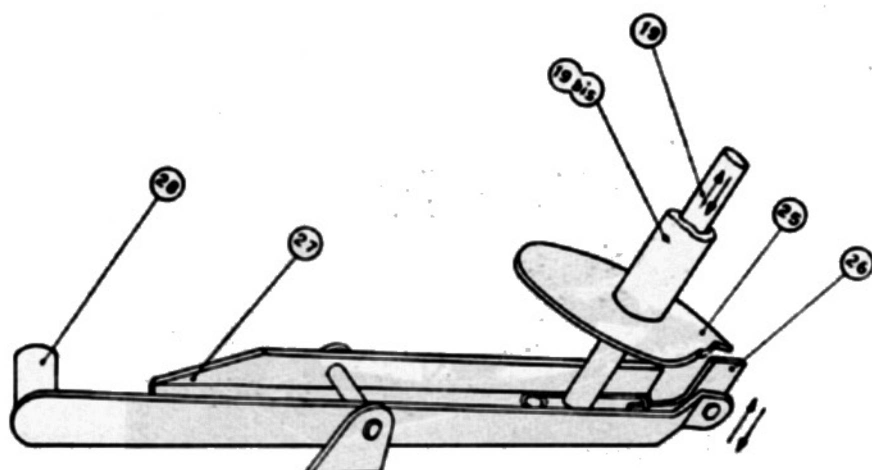


Fig. 6.56. - Dispositivi complementari ai movimenti del braccio porta-pickup del cambiadischi Lesa. Onde evitare che il braccio riproduttore, raggiunte le posizioni corrispondenti all'inizio dei dischi 25 o 30 cm di diametro, animato da inerzia, dovesse superarle, sul suo asse di rotazione 19-bis e ad esso rigidamente collegato viene montato il disco 25 munito di due gradini fermo. Detti gradini urtando nell'arresto 25 smorzano l'inerzia del braccio fermandolo nella giusta posizione. Con l'abbassarsi della leva 27 l'arresto 26 non ostacolerà il braccio durante la riproduzione. (La distanza angolare dei due gradini fermo del disco 25 equivalgono allo spostamento angolare che il braccio riproduttore deve compiere per passare dall'inizio di un disco da 30 cm ad altro di 25 cm). Il rullino 28 della leva 27 percorrendo un profilo di camma, avente in un dato punto una discesa ed una salita, farà compiere alla menzionata leva una oscillazione indicata dalle freccie 6 a cui corrisponderà un sollevamento ed un abbassamento del braccio riproduttore ottenuto mediante lo stilo 19.

sotto di essa. Esistono cambiadischi a più velocità con una testina sola, quindi con un unico stilo, quello sottile per il microsolco, ma essi presentano l'inconveniente del fruscio durante la riproduzione dei dischi normali, a 78 giri, dato che in tal caso lo stilo poggia sul fondo del solco, anzichè sulle due pareti, come necessario.

Cambiadischi a 45 giri al minuto.

I dischi a microsolco a 45 giri al minuto sono stati lanciati dalla RCA-Victor insieme ad un apposito cambiadischi, di piccole dimensioni (la piattaforma misura 18 × 26 cm) e di costo modesto (20 dollari al pubblico). I dischi stessi sono stati progettati per essere utilizzati con questo cambiadischi. Le dimensioni, il foro e le altre caratteristiche principali dei dischi a 78,26 giri vennero determinate mezzo secolo fa nell'officina di Eldridge Johnson, a Camden, quando ai cambiadischi auto-

matici non si pensava neppure. Era opportuno che i nuovi dischi venissero determinati in vista dell'uso con il cambiadischi automatico.

La caratteristica principale del cambiadischi a 45 giri è di effettuare tutte le manovre automatiche necessarie nell'intervallo di tempo corrispondente ad una rotazione del piatto, ossia in 1/45 di minuto; tra la fine di un disco e l'inizio del successivo vi è in tal modo l'intervallo di appena 1 secondo ed un terzo.

Altra caratteristica importante è costituita dal cilindro centrale, di diametro notevole (38 mm), immobile e portante la pila di dischi, in cui il foro centrale è, come

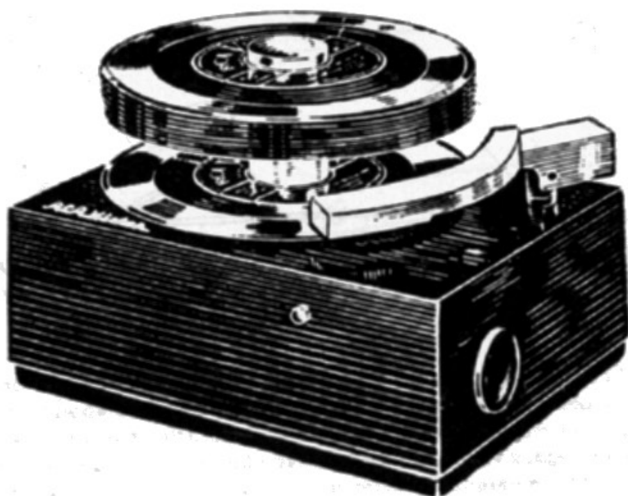


Fig. 6.57. - Cambiadischi per dischi a microsolco da 45 giri al minuto, della RCA-Victor. La testina del pickup è quella di fig. 6.47.

già detto, di 38 millimetri. La pila di dischi poggia su due sporgenze, e rimane stabile, senza oscillazioni, data l'ampiezza del foro e la superficie di appoggio. Alla fine di un disco, quando è necessaria la sostituzione, le due sporgenze rientrano nel cilindro, mentre nello stesso istante sporgono da esso due palette; esse sostengono tutta la pila di dischi meno il sottostante, il quale è libero di scendere in basso. Non appena il disco è disceso, le sporgenze escono dal cilindro mentre le palette rientrano, ciò che consente alla restante parte della pila di scendere sulle sporgenze.

La fig. 6.58 illustra in sezione l'interno del cilindro centrale e sotto di esso il primo di quattro dischi sceso sul piatto rotante; le sporgenze (*a*) sono all'esterno e sostengono tre dischi. (Lo spessore dei dischi è normale nel tratto *etichetta*, il label — e minore all'orlo del foro e nel tratto corrispondente all'incisione). Le palette (*b*) sono nell'interno del cilindro. La fig. 6.59 indica ciò che avviene durante la sostituzione di ciascun disco; le sporgenze (*a*) sono nell'interno e le palette (*b*) sono all'esterno del cilindro; un nuovo disco sta scendendo sopra il primo, posto sul piatto.

Nell'interno del cilindro vi sono tre ruote dentate e gli eccentrici necessari per il movimento delle sporgenze e delle palette. Durante la riproduzione di un disco, le parti principali nell'interno del cilindro sono in movimento, anzichè immobili; la

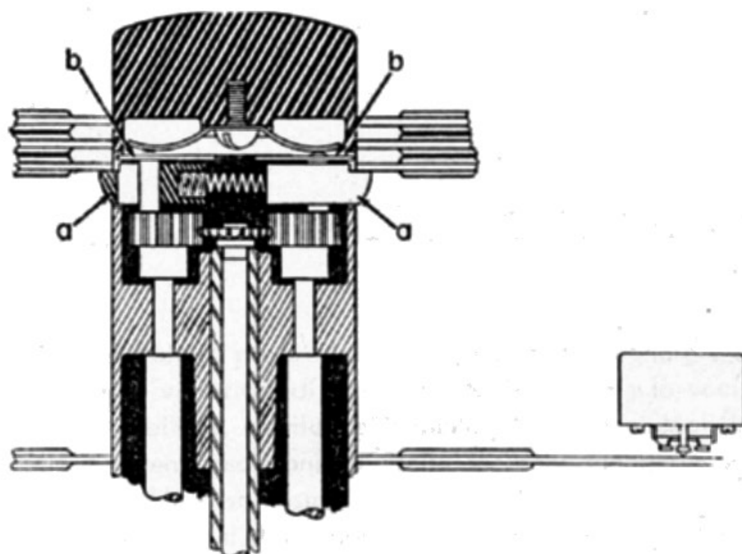


Fig. 6.58. - Le sporgenze a) e a) sostengono la pila di dischi, mentre le palette b) e b) sono nell'interno dell'asse centrale.

manovra necessaria per la discesa di un disco è ottenuta con una variazione del movimento, ciò che consente una maggiore rapidità, dato che il disco nuovo deve scendere dalla pila sul piatto sottostante in appena un secondo.

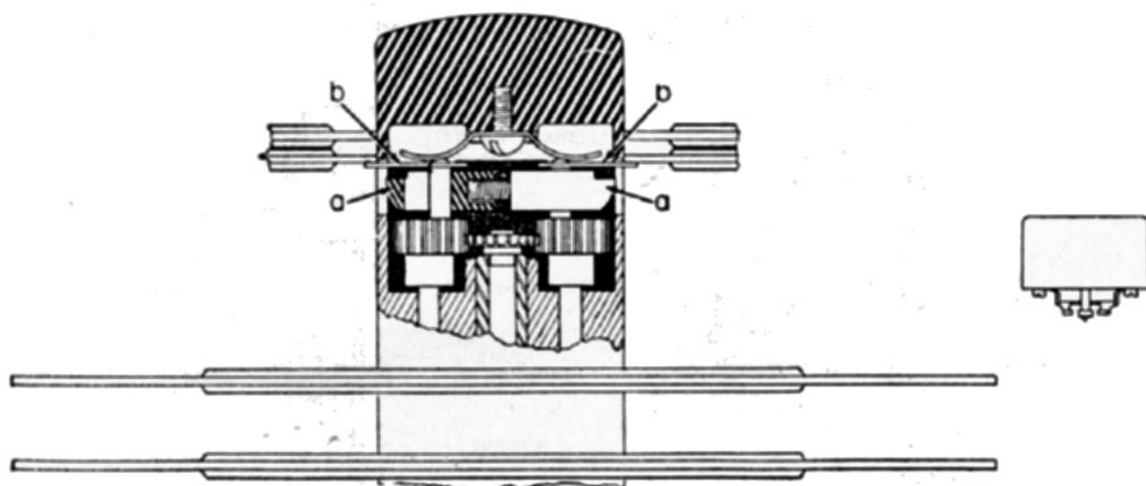


Fig. 6.59. - Le sporgenze a) e a) sono rientrate nell'asse portadischi, e contemporaneamente le palette b) e b) si sono infilate tra l'ultimo e il penultimo disco. L'ultimo disco scende su quello sottostante.

Altra importante caratteristica di questo cambiadischi è nel dispositivo ad eccentrico fissato direttamente sotto il piatto rotante; non appena lo stilo raggiunge l'ultima spira, l'eccentrico entra in azione. In tal modo il pickup si solleva, si allontana, rientra e si abbassa sul nuovo disco durante un giro del piatto.

Il pickup è del tipo a cristallo, il responso di frequenza va da 50 a 10 000 c/s. Il braccio è corto e piegato, ciò per diminuire l'inerzia e consentire la necessaria rapidità di movimento.

CAPITOLO SETTIMO

IL MICROFONO

Il *microfono* provvede alla trasduzione dell'energia acustica in energia elettrica; trasduce le variazioni di pressione dell'aria, ossia le voci ed i suoni, in variazioni di tensione elettrica, costituisce il punto di partenza degli impianti di diffusione sonora delle emittenti radiofoniche, delle incisioni fonografiche, delle registrazioni sonore su film, su filo o su nastro.

I microfoni si distinguono in sei categorie principali: *a*) a carbone, *b*) a cristallo, *c*) a bobina mobile, *d*) a nastro, e) a cardioide, *f*) a condensatore.

Il microfono a carbone.

È il più diffuso dei microfoni; ebbe inizio con i primi impianti telefonici, venne utilizzato dalle prime emittenti radiofoniche; oggi è largamente impiegato negli im-

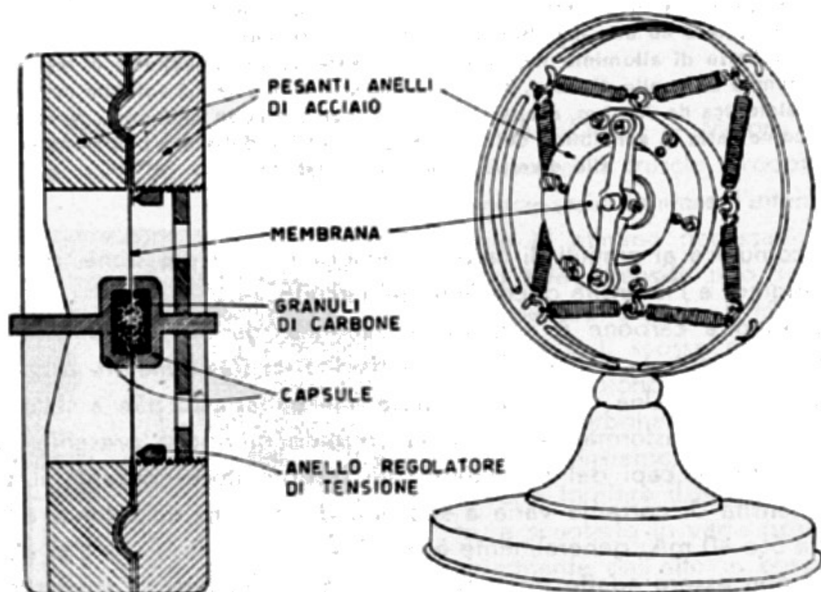


Fig. 7.1. - Principio del microfono a carbone a doppio bottone, ossia a due capsule, ed esempio di microfono di questo tipo.

pianti mobili (auto, ferrovie, aereoplani, ecc.) data la sua robustezza; è inoltre impiegato ovunque interessi la riproduzione della sola voce (conferenze, discorsi, ecc.); non è adatto per riproduzioni musicali.

Il principio è il seguente: la resistenza che più granuli di carbone oppongono al passaggio della corrente elettrica varia al variare della pressione che su di essi viene esercitata. È costituito da una sottilissima membrana metallica (lega di duralluminio), a forma di disco, al centro della quale poggiano i granuli di carbone contenuti in una capsula metallica a forma di bottone. Tra la capsula e la membrana è applicata una tensione elettrica. Le onde sonore mettono in vibrazione la membrana,

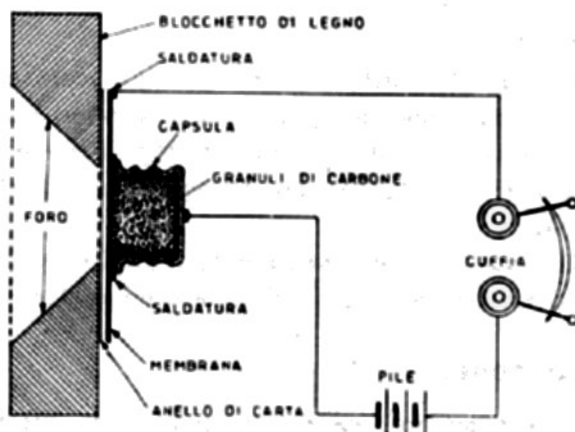


Fig. 7.2. - Esperimento per dilettanti. Entro un coperchietto metallico collocare granuli di carbone da microfono, o carbone da pila spezzettato; appoggiare su una membrana di ferro da auricolare telefonico o su un dischetto di alluminio molto sottile, fissare ad un blocchetto di legno tramite un anello di carta. Basta una batteria di pile da 4,5 volt con cuffia telefonica da 75 ohm, o una da 22,5 volt con cuffia da 2000 ohm. Notare come varia la sensibilità del microfono al variare della sua posizione ed alle diverse lettere dell'alfabeto.

la quale le comunica ai granuli di carbone; maggiore è la pressione, minore è la resistenza, maggiore è l'intensità di corrente nel circuito.

Il microfono a carbone è a bassa impedenza, da 50 a 200 ohm, in media; viene collegato all'entrata dell'amplificatore tramite un trasformatore ascendente, rapporto 1 a 20, o circa. Una resistenza in serie alla batteria di pile a secco, ai granuli ed al primario del trasformatore, limita la corrente di riposo presente nel circuito. Un potenziometro ai capi del secondario del trasformatore consente il controllo di volume. L'intensità di corrente varia a seconda del tipo di microfono, e può essere compresa tra 5 e 40 mA; generalmente è di 10 mA.

Oltre a non essere adatto per riproduzioni musicali, data la modesta estensione di gamma delle frequenze riproducibili, presenta l'inconveniente di produrre molte armoniche, nonchè un continuo fruscio parzialmente eliminabile con un filtro posto ai capi del secondario del trasformatore.

Si distingue in due tipi: a) *a bottone singolo*, con granuli posti da un lato solo della membrana, b) *a bottone doppio*, con granuli posti in ambedue i lati della membrana. L'uno e l'altro sono ad alta resa d'uscita.

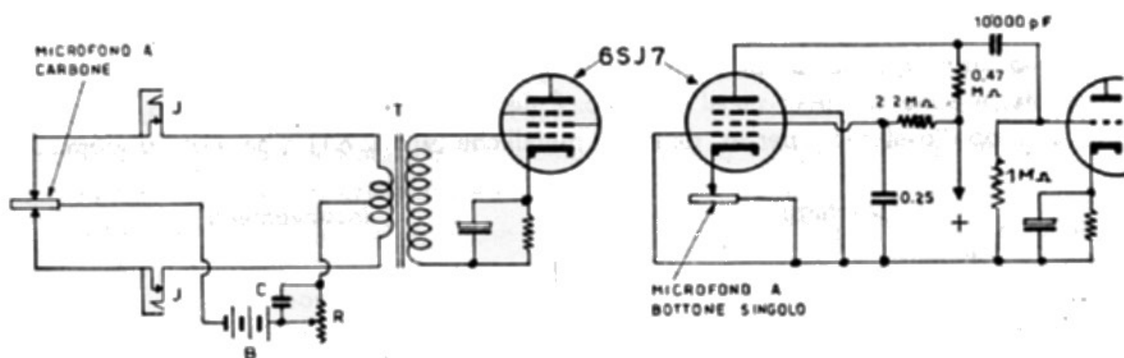


Fig. 7.3. - A sinistra: schema di collegamento di microfono a carbone all'entrata dell'amplificatore; la resistenza R è di 500 ohm, essa consente di limitare la corrente nel microfono e funziona anche da controllo di volume; il condensatore C è da 50 microfarad, 25 volt; le due prese J consentono di inserire il milliamperometro per il controllo della corrente nei due bottoni; il trasformatore ha il primario di circa 100 ohm ed il secondario da 100.000 a 500.000 ohm. — A destra: semplice collegamento del microfono ad un bottone alla valvola d'entrata; la resistenza del microfono sostituisce la resistenza di catodo della 6SJ7, la corrente catodica sostituisce quella della batteria; poichè la griglia controllo della 6SJ7 è a massa, la valvola funziona da amplificatore dell'audiofrequenza determinata dal microfono; la resistenza da 1 megaohm alla entrata della valvola successiva può venir sostituita con un potenziometro per il controllo di volume.

CAUTELE PER L'USO DEI MICROFONI A CARBONE. — Minore è l'intensità di corrente nel circuito microfonico, minore è anche il fruscio prodotto, per cui è necessario limitare l'intensità di corrente al minimo necessario; in nessun caso tale intensità può superare i 20 mA per bottone. Forti intensità di corrente e forti scosse possono « bloccare » il microfono », nel senso che i granuli di carbone possono far blocco, unendosi insieme. Quando ciò avviene, occorre togliere il microfono dal circuito, e scuoterlo in varie posizioni, particolarmente dall'alto in basso, in modo da liberare i granuli. Può avvenire che

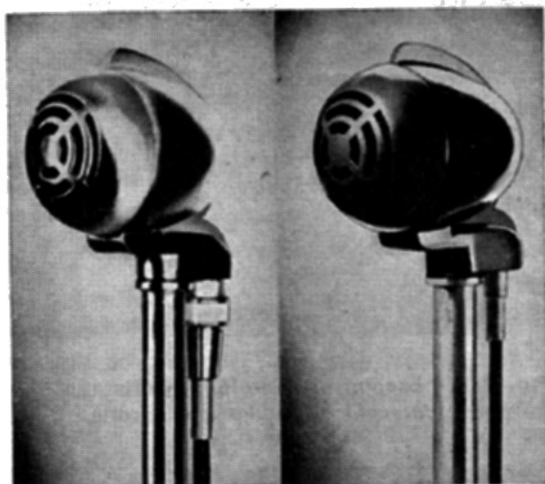


Fig. 7.4. - Esempi di microfoni a carbone.

un bottone solo si blocchi, ciò che risulta evidente dalla diversa intensità di corrente nei due bottoni. È opportuno controllare che l'intensità di corrente sia eguale nei due

lati; se un solo bottone è bloccato, va scosso da solo. Quando il microfono viene inserito o disinserito dal proprio circuito, se la resistenza limitatrice è costituita da un reostato, è bene che esso sia al massimo. È necessario che il microfono sia sostenuto da un supporto elastico, per es. da molle metalliche (v. fig. 7.1) o da nastri di gomma.

Vantaggi	*Inconvenienti*
Alta resa d'uscita.	Continuo fruscio.
Notevole robustezza meccanica.	Adatto per sola voce.
Basso costo.	Forti e numerose armoniche.
Elevata sensibilità.	Tendenza a bloccarsi.
Sopporta calore e umidità.	Richiede trasformatore d'entrata e pile a secco.

Il microfono a cristallo piezoelettrico.

È molto diffuso data la robustezza, l'ottima curva di responso entro una vasta gamma di frequenze, e l'alta impedenza, la quale consente il collegamento diretta-

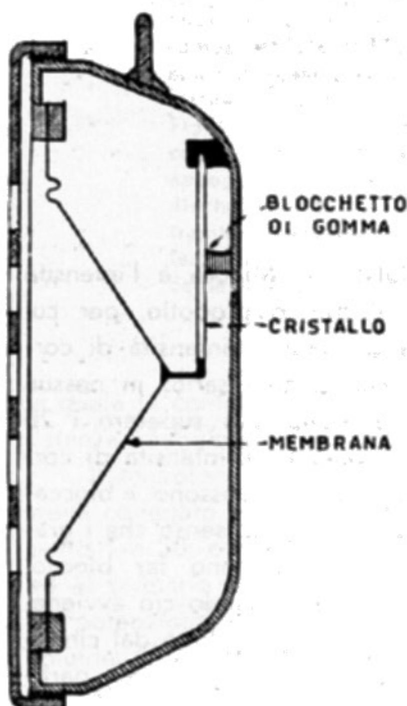


Fig. 7.5. - Principio del microfono a cristallo ad una sola lamina, del tipo a flessione, per apparecchi di ausilio alla sordità.

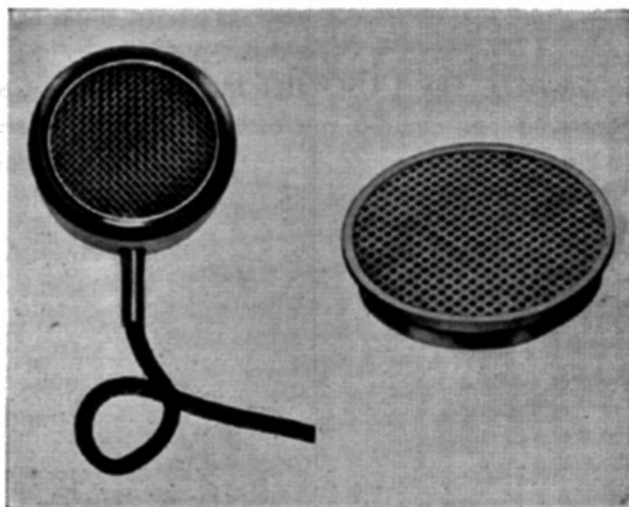


Fig. 7.6. - Esempi di microfono a cristallo per apparecchi di ausilio alla sordità.

mente all'entrata dell'amplificatore, senza l'ausilio del trasformatore d'entrata. Inoltre non richiede alcuna tensione di polarizzazione.

Il principio di funzionamento è quello dei cristalli piezoelettrici, i quali si contraggono e si distendono sotto l'azione di tensioni alternative, e producono tali tensioni sotto l'azione di pressioni meccaniche. Dei vari cristalli piezoelettrici viene usato soltanto il sale di Rochelle, dal quale si ricavano lamine molto sottili, tagliate secondo un determinato orientamento.

I *microfoni a cristallo* detti anche *microfoni piezoelettrici* si distinguono in due categorie molto diverse l'una dall'altra: a) quelli *a membrana* e b) quelli *a cellula sonora*.

MICROFONO A CRISTALLO DEL TIPO A MEMBRANA. — Consiste di una laminetta di cristallo dalla quale la tensione elettrica è ottenuta sulle sue facce opposte per effetto di flessione, è quindi un microfono *a flessione*. La fig. 7.5 ne illustra il principio. La laminetta di cristallo è fissata ad un estremo di una membrana a cono, tramite un ago. L'altra estremità del cristallo è trattenuta da un blocchetto di gomma, alla custodia. Le vibrazioni che le onde sonore conferiscono alla membrana a cono vengono trasferite all'estremità libera della laminetta di cristallo; le vibrazioni della laminetta, ossia le corrispondenti flessioni, producono tensioni di polarità opposta sulle sue facce, esse sono raccolte da due elettrodi in contatto con le facce stesse, e trasferite all'esterno. Il microfono di questo tipo non è adatto per riproduzioni musicali, date le frequenze di risonanza del sistema vibrante; è bene adatto per voce.

MICROFONO A CRISTALLO DEL TIPO A CELLULA SONORA. — Non è necessario che le onde sonore vengano raccolte dalla membrana e quindi comunicate alla laminetta di cristallo, la membrana può venir eliminata e le onde sonore possono premere direttamente sulla laminetta di cristallo. Per quanto tali variazioni di pressione siano minime, sono sufficienti a destare il fenomeno della piezoelettricità, e quindi tensioni ad audiofrequenza. La resa d'uscita risulta molto minore, ma la fedeltà di riproduzione è ottima, anche a frequenze molto elevate, oltre i 14 000 c/s. Il microfono a cellula è del tipo *a pressione*.

A base del microfono a cristallo vi è l'*elemento bimorfo*: consiste di due laminette di cristallo, ossia di una coppia; gli elettrodi a fogliolina metallica sono tre, uno tra le due laminette, e gli altri due sulle facce opposte della coppia; questi ultimi sono collegati insieme. La tensione utile è presente tra la fogliolina interna e le due esterne. La *cellula sonora* consiste di due elementi bimorfi, ossia di due coppie di cristalli, affacciate ad una certa distanza, sostenute da un telaietto di bachelite tramite un nastro di gomma molto flessibile, come in fig. 7.7. La cellula è impregnata con cera in modo da renderla insensibile all'umidità ed a chiusura ermetica. Ha l'aspetto di una minuscola scatoletta, i cui lati maggiori sono flessibili. Tanto più alta è la classe del microfono a cristallo, tanto più minuscole e leggere sono le cellule sonore che lo costituiscono, in quanto sono meglio adatte a risuonare a frequenze molto alte. Esistono microfoni ad una cellula, a due cellule ed a più cellule, sino a 20. Sono adatti

anche per riproduzioni musicali di alta qualità, poichè non presentano distorsioni di ampiezza.

CAUTELE PER L'USO DEL MICROFONO A CRISTALLO. — Non può venir usato all'aperto, sotto il sole, poichè il calore lo rovina completamente; e non può neppure venire usato all'aperto in caso di nebbia, o con un tempo molto umido, poichè anche l'umidità lo deteriora irreparabilmente. Non deve venir conservato in vetrine esposte al sole o vicino a stufe. Il tipo a membrana non richiede altre cautele, essendo di notevole robustezza e di facile collegamento all'amplificatore, data la resa d'uscita

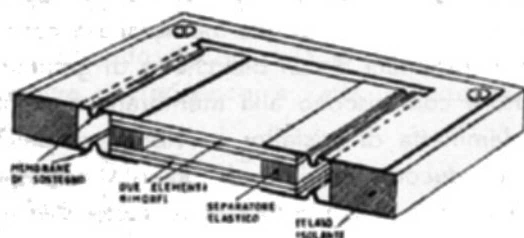


Fig. 7.7. - Esempio di cellula sonora per microfono a cristallo piezoelettrico; per semplicità non sono stati segnati gli elettrodi.

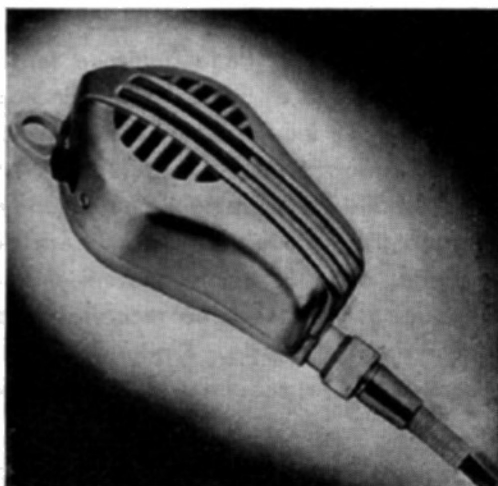


Fig. 7.8. - Microfono a cristallo del tipo a mano.

abbastanza elevata e l'alta impedenza. Il tipo a cellula richiede invece che il cavo di collegamento sia a basse perdite e non molto lungo, non più di 2 o 3 metri, per evitare attenuazione a frequenze elevate. Diversamente è necessario il trasformatore di linea. Poichè sono capacitivi per la quasi totalità del responso di frequenza, è necessario che l'impedenza di carico (resistenza di griglia della prima valvola) sia quella indicata dal costruttore. Sono provvisti di tre contatti esterni, uno per la massa e due per il collegamento a due valvole in controfase; i due collegamenti di griglia vanno riuniti quando sia usata una sola valvola d'entrata. Il cavo deve essere ottimamente schermato.

Vantaggi	*Inconvenienti*
Ottimo responso di frequenza.	Media e bassa resa d'uscita.
Notevole robustezza.	Facilmente deteriorato dal calore o dalla umidità.
Collegamento all'amplificatore senza trasformatore e senza pile.	

Il microfono a bobina mobile.

Il microfono a bobina mobile, detto anche dinamico, è adatto per molte applicazioni; è preferito ovunque sia necessaria notevole robustezza meccanica, adattabilità, indipendenza dalle condizioni atmosferiche e ottima fedeltà. È un dispositivo a bassa impedenza, da usare soltanto con adatto trasformatore. Può venir usato con cavi molto lunghi, anche decine di metri. La sua sensibilità è all'incirca quella del microfono a cristallo; è però più costoso, data la maggiore difficoltà di produzione. Vengono prodotti anche microfoni a bobina mobile di basso costo, di notevole sen-

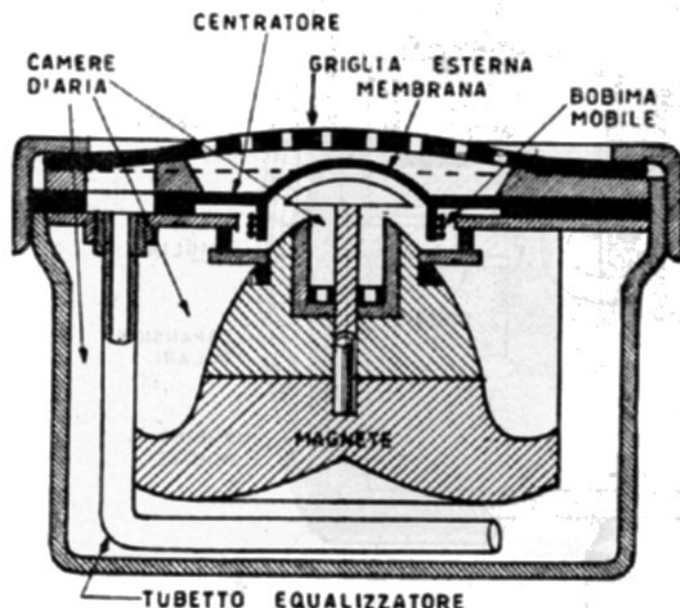


Fig 7.9. - Principio di funzionamento del microfono a bobina mobile.



Fig. 7.10 - Microfono a bobina mobile del tipo a mano

sibilità, adatti per sola voce: quelli di alta classe, e di costo elevato, sono meno sensibili ma con resa d'uscita più uniforme per una vastissima gamma di frequenze sonore, senza picchi di risonanza.

Il principio di funzionamento del microfono a bobina mobile è quello stesso dell'altoparlante a cono; in alcuni casi l'altoparlante a cono si presta ottimamente quale microfono dinamico, ad esempio negli impianti di intercomunicazione di cui è detto nel capitolo XI.

La fig. 7.9 illustra in sezione un microfono a bobina mobile. Dietro la custodia metallica provvista di griglia protettrice, vi è la piccola membrana a forma di calotta sferica; è molto sottile, in duralluminio. Sotto la membrana, solidamente unita ad essa, si trova la bobina mobile, a filo d'alluminio, sospesa nel campo radiale di un

forte magnete permanente d'acciaio al cobalto o altra lega. Un centratore elastico mantiene centrata la bobina tra le espansioni polari del magnete, dalle quali dista soltanto una frazione di millimetro. La resistenza della bobina è generalmente di 0,1 ohm, mentre l'impedenza è di 30 ohm, 50 ohm, 200 ohm o 500 ohm, a seconda delle applicazioni.

Le variazioni di pressione prodotte dalle onde sonore sulla membrana deter-

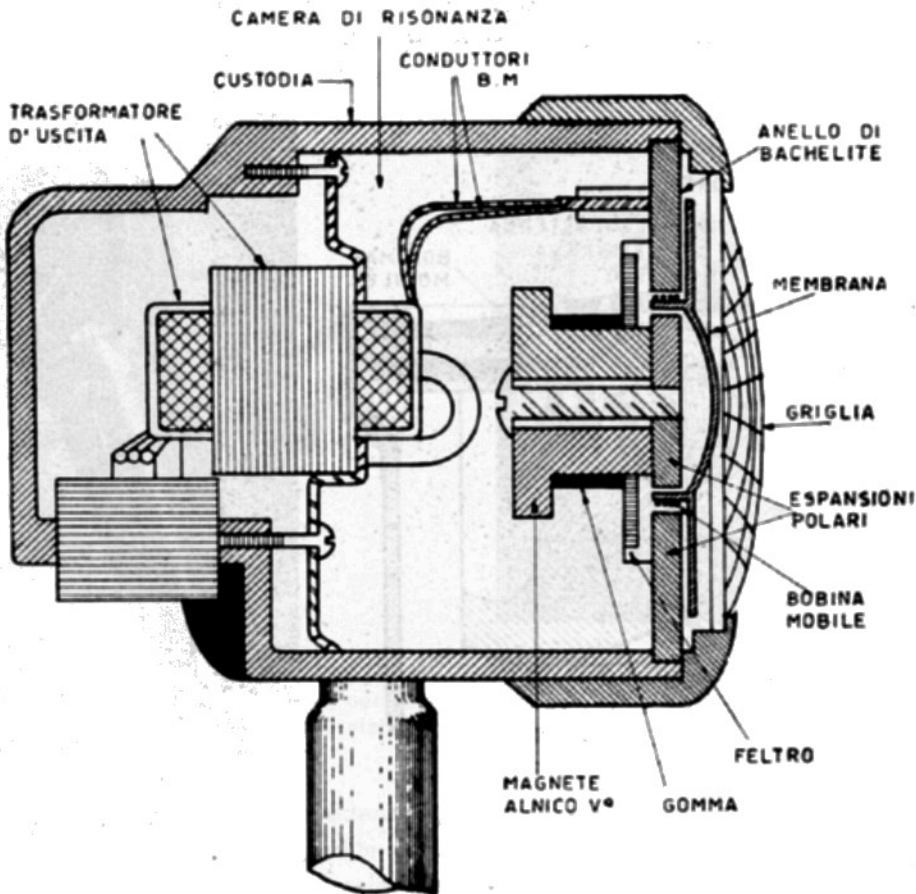


Fig. 7.11. - Parti componenti il microfono a bobina mobile illustrato dalla fig. 7.12. Il trasformatore d'uscita è collocato dietro l'unità elettroacustica.

minano la vibrazione di quest'ultima e della bobina mobile sottostante; la tensione ad audiofrequenza presente ai capi della bobina mobile è dovuta al suo movimento nel campo magnetico. La bobina mobile è collegata al primario del trasformatore ascendente, generalmente contenuto nella stessa custodia, dietro il magnete.

Di essenziale importanza nel microfono a bobina mobile sono le *camere d'aria*, per lo più tre, dette anche *camere di risonanza* o *cavità risonanti*. La frenatura dell'intero sistema vibrante — membrana, bobina mobile e centratore — è affidata all'aria contenuta nelle apposite camere. Dal volume dell'aria e dall'attrito che essa incontra

nel passare attraverso le apposite fessure, dipende la cedevolezza ed il grado di rigidità del complesso. Una prima camera d'aria è posta sotto la membrana, una seconda, di dimensioni maggiori, si trova sotto la bobina mobile e parte del centratore, una terza si trova sotto il magnete. Oltre alle camere d'aria vi è un tubetto di pas-



Fig. 7.12. - Microfono a bobina mobile di cui la fig. 7.11.

saggio per l'aria, il quale ha anch'esso una funzione importante nella compensazione acustica. La forma, la lunghezza ed il diametro del tubetto influiscono sulla resistenza che l'aria incontra nell'attraversarlo, ed hanno effetto sul responso di frequenza del microfono.

L'uso del microfono a bobina mobile non richiede alcuna particolare cautela.

Vantaggi

Non presenta fruscio o rumore di fondo.
Non è influenzato dal calore o dall'umidità.
Può venir adoperato con cavi di collegamento molto lunghi.
È molto robusto.
La qualità può essere buona o ottima, a seconda del tipo.

Inconvenienti

Non è molto sensibile, per cui richiede maggiore amplificazione, specie se è di classe elevata, adatto per riproduzioni musicali.
Richiede trasformatore per l'adattamento della bassa impedenza della propria bobina mobile con l'entrata dell'amplificatore.

Il microfono a nastro.

Il *microfono a nastro* si distingue per l'eccellente fedeltà di trasduzione, superiore nettamente a quella dei microfoni a carbone ed a cristallo, e superiore anche a quella del microfono a bobina mobile. È quindi ottimamente adatto per riproduzioni musicali. Possiede, inoltre, spiccate caratteristiche direzionali, per le quali, mentre è sensibile alla sorgente sonora che si trova di fronte ad esso, è poco sensibile ad altre sorgenti sonore poste lateralmente. Ciò rende possibile di selezionare, di far emergere la voce del cantante dai suoni dell'orchestra, oppure i suoni di alcuni strumenti sopra altri, o semplicemente di consentire al radiocronista di separare la propria voce dai rumori circostanti. È anche utile in ambienti in cui può verificarsi

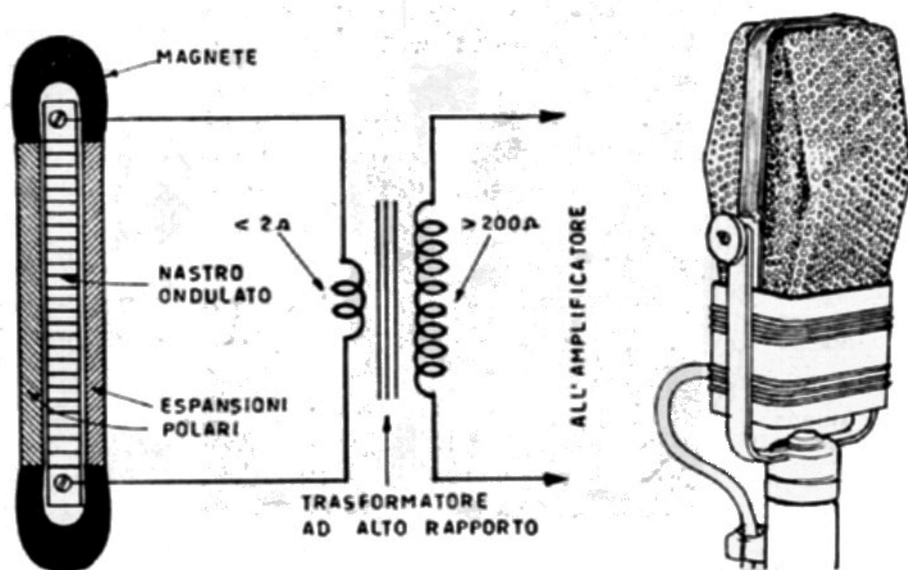


Fig. 7.13. - Principio di funzionamento del microfono a nastro; a destra, aspetto esterno di microfono a nastro.

reazione acustica tra il microfono e gli altoparlanti; meglio di altri tipi di microfono quello a nastro può venir sistemato in modo da non subire l'effetto degli altoparlanti. È a bassissima impedenza ed a bassa sensibilità, richiede un trasformatore d'uscita a rapporto molto elevato nonchè preamplificatore a forte guadagno.

Il principio di funzionamento è il seguente: tra le espansioni polari di un forte magnete permanente (Alnico V) è tenuto in leggera sospensione un sottilissimo nastro di alluminio pieghettato o ondulato, in modo da elevarne al massimo la flessibilità; i due estremi del nastro sono collegati all'avvolgimento primario del trasformatore ascendente; il movimento che le onde sonore imprimono al nastro desta in esso una debolissima corrente, dato che il nastro taglia le linee di forza magnetica del campo.

Mentre gli altri microfoni si basano sulle *variazioni di pressione* dell'aria che

su di essi vengono esercitate, quello a nastro si basa sulle *variazioni di velocità* delle particelle d'aria delle onde sonore. Per questa ragione è anche detto *microfono a velocità*. È pure detto microfono a *gradiente di pressione*.

La frequenza naturale di vibrazione del nastro d'alluminio è assai bassa, sotto il limite inferiore d'udibilità, di appena qualche ciclo al secondo; segue perfettamente il moto delle particelle d'aria, circa come un sughero sull'acqua, ciò sino a frequenze intorno ai 4000 c/s, per cui la curva di responso è molto piana; non è provvisto di alcuna membrana o diaframma, per cui il nastro non resiste in alcun modo al movimento dell'onda, ma si sposta liberamente con essa. Poichè il rapporto tra la velocità di spostamento delle particelle d'aria e la pressione sonora aumenta rapidamente quando la sorgente sonora si trova vicino al microfono, a meno di una lunghezza d'onda da esso, è necessario che la sorgente sonora non gli sia troppo vicina, ossia che disti da esso più di una lunghezza dell'onda maggiore. Questo è l'inconveniente principale di questo microfono.

Poichè tra le espansioni polari del magnete si muove soltanto un leggero nastro d'alluminio, e dato che la sorgente sonora deve essere ad una certa distanza, la sensibilità di questo microfono è bassa, molto inferiore a quella dei microfoni a carbone o a cristallo, ed inferiore anche a quella già bassa del microfono a bobina mobile. La centratura del nastro è molto precisa, dovendo esso muoversi quanto più vicino possibile alle polarità del magnete, senza mai toccarle, onde non diminuire troppo la sensibilità. La centratura può venir fatta soltanto da esperti, con mezzi particolari, per cui il microfono va rimandato in fabbrica quando occorre riportare in centro il nastro. Questo è un secondo inconveniente del microfono a nastro.

Dato che ai capi del trasformatore ascendente è presente solo il nastro, il rapporto tra l'impedenza primaria e l'impedenza secondaria deve essere molto elevato, essendo bassissima l'impedenza del nastro. Non è facile costruire trasformatori a rapporto adeguatamente elevato, pur mantenendo l'ottima qualità necessaria, senza la quale sarebbe inutile adoperare il microfono a nastro. Inoltre, il trasformatore deve trovarsi in immediata vicinanza del nastro, unito al microfono, del quale fa parte integrante.

Il microfono a nastro è bifronte, e bidirezionale; il suo responso polare è a forma di 8, con due zone di sensibilità opposte, come in fig. 7.14. È di semplice costruzione, ma tale da richiedere grande accuratezza.

CAUTELE PER L'USO DEL MICROFONO A NASTRO. — Poichè questo microfono consiste essenzialmente in un sottilissimo nastro metallico sospeso, centrato con grande cura tra le espansioni parallele del magnete, deve venir protetto contro vibrazioni brusche e violente. Non si può soffiare su di esso per constatarne il funzionamento, come è d'uso fare con gli altri microfoni, e non si può adoperarlo all'esterno se vi è pericolo che possa venir investito da un soffio d'aria, a meno di non prendere adeguate precauzioni. Occorre anche tener presente che può venir danneggiato dalla polvere e dall'umidità, per cui va tenuto sempre ricoperto quando non è in funzione.

La bassissima impedenza del nastro mobile e il conseguente molto elevato rapporto di trasformazione rendono questo microfono assai sensibile alla presenza di campi magnetici variabili esterni, quindi facile al ronzio; è necessario tenerlo ben lontano da linee elettriche, apparecchi elettrici in funzione, ecc. ed anche dallo stesso amplificatore. Il cavo di collegamento microfono-amplificatore deve essere schermato; il conduttore interno del cavo va collegato direttamente alla griglia della prima valvola dell'amplificatore. Allungamenti del cavo vanno fatti in modo che la schermatura sia continua, con innesti a vite. Tutti i microfoni sono provvisti di trasformatore con secondario a due prese, per linee corte (sino a 10 metri) con impedenza di 50 000 ohm, e per linee lunghe (sino a 200 metri) con impedenza di 200 ohm. In questo secondo caso è necessario il trasformatore d'entrata (traslatore) per il collegamento cavo-griglia, a rapporto 200 ohm/griglia. S'intende che anche il trasformatore d'entrata deve essere blindato. Due o più microfoni vanno collegati in serie ed in fase. L'oratore non deve avvicinarsi al microfono a meno di 25 centimetri, diversamente la riproduzione risulta rimbombante e cupa. Mai collegare strumenti di misura (analizzatori, ohmetri, ecc.) ai capi del secondario del trasformatore, poichè, dato il forte rapporto di trasformazione, nel primario può venir indotta una corrente d'intensità tale da rovinare l'avvolgimento ed il nastro.

Vantaggi

Eccellente qualità di riproduzione entro gamma assai estesa (da 60 a 10 mila c/s).
Discrimina altre sorgenti sonore o rumori.
È bidirezionale.
Consente l'impiego di cavi molto lunghi, sino a 200 metri.

Inconvenienti

Non è adatto per l'esterno, essendo deteriorabile da soffi d'aria, polvere e umidità.
Bassa sensibilità, inferiore a quella del microfono dinamico, per cui richiede amplificatore ad alto guadagno.
Facile a captare ronzio richiede accurato schermaggio.
Va tenuto a distanza dall'oratore.

Il microfono a cardioide.

Il *microfono a cardioide* risulta dall'unione entro una sola custodia di due microfoni, a bobina mobile ed a nastro, utilizzati in modo da ottenere l'effettiva eliminazione di rumori o di suoni estranei; con esso si risolvono particolari problemi. È un microfono di alta classe ma con bassissima resa d'uscita; il responso polare è a forma di cuore, a cardioide, con angolo utile di 120 gradi. I due microfoni funzionano in opposizione di fase, e poichè i due responsi polari sono diversi e particolarmente studiati, ne risulta che delle due rese d'uscita se ne ricava una sola, quella a cardioide, fig. 7.14. I suoni provenienti da direzioni diverse da quella compresa nella cardioide determinano uscite che si neutralizzano, per cui il risultato è eguale alla assenza di tali suoni, ossia alla sordità del microfono rispetto ad essi.

Il microfono a nastro occupa la posizione centrale, come indica la fig. 7.16. Il nastro di alluminio è ondulato solo alle estremità, nel tratto centrale è liscio; la sua

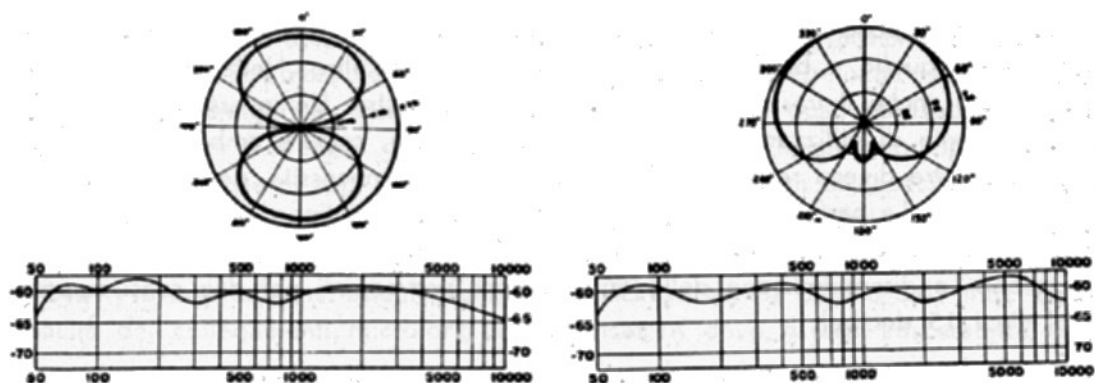


Fig. 7.14. - Caratteristiche di responso e di sensibilità di microfono a nastro (a sinistra) e di microfono a cardioide (a destra).



Fig. 7.15. - Aspetto esterno del microfono a cardioide.

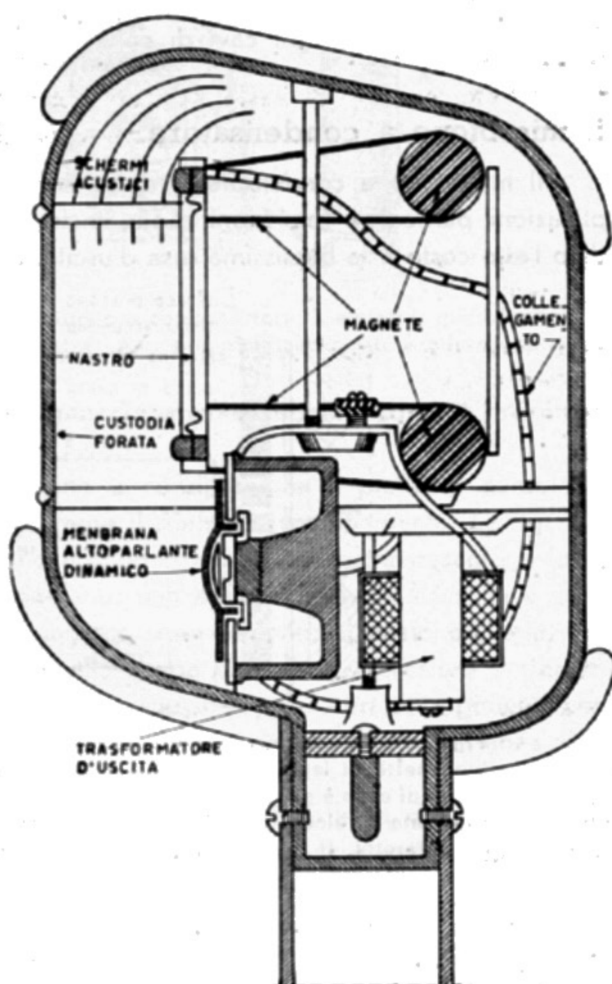


Fig. 7.16. - Parti componenti il microfono a cardioide.

lunghezza è di poco inferiore alla metà di quella normale. Sotto il microfono a nastro è sistemato quello a bobina mobile, indipendente dall'altro. Nella stessa custodia è sistemato anche il trasformatore del microfono a nastro. Un inversore a tre posizioni consente di utilizzare uno o l'altro dei microfoni, oppure ambedue, in modo da ottenere tre diversi responsi polari, a seconda delle necessità, dei quali uno solo è a cardioide. La parte superiore interna della custodia contiene alcuni schermi acustici, atti a distribuire il suono nell'interno e ad ottenere particolari effetti sui due microfoni. La discriminazione delle onde sonore provenienti nei due sensi opposti è di circa 15 decibel.

Vantaggi

Elevatissima fedeltà di trasduzione.
Fortissima attenuazione dei rumori ambientali.
Notevole insensibilità alla reazione acustica.
Possibilità di usare lunghi cavi di collegamento.

Inconvenienti

Bassissima resa d'uscita.
Alto costo.
Non usabile all'esterno essendo danneggiabile da parte del vento, della polvere e dell'umidità.

Il microfono a condensatore.

Il *microfono a condensatore*, detto anche elettrostatico, è adatto solo per applicazioni particolari (emissioni radio, incisioni fonografiche, colonne sonore, ecc.). dato l'alto costo e la bassissima resa d'uscita. Il responso alle varie frequenze è molto

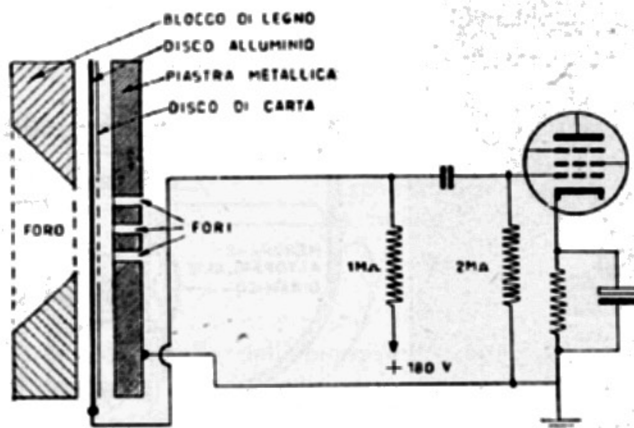


Fig. 7.17. - Esperimento per dilettanti con microfono a condensatore. Su un blocchetto di legno forato è poggiato un sottilissimo foglio di alluminio, e sopra di esso è poggiata una piastra metallica forata, di alluminio o di ottone, provvista di alcuni fori. Tra il foglio e la piastra vi è un foglietto di carta da sigarette. Il microfono così ottenuto va posto in immediata prossimità dell'entrata di amplificatore ad almeno tre stadi.

buono, per cui è utile per riproduzioni musicali ad alta fedeltà. Consiste di una sottilissima membrana metallica vibrante di fronte ad una grossa piastra metallica di forma circolare; la membrana vibrante e la piastra sottostante formano le armature

di un condensatore di circa 300 pF; ad esse è applicata una tensione elettrica continua da 180 a 280 volt. Le vibrazioni della membrana determinano variazioni dello spessore del dielettrico, ossia variazioni di capacità, alle quali corrispondono analoghe variazioni d'intensità di corrente; quest'ultime determinano corrispondenti variazioni di tensione ai capi di un'alta resistenza. Le variazioni di capacità sono ridottissime, intorno al centesimo di picofarad, per cui la resa d'uscita è estremamente bassa. Affinchè non risulti troppo bassa, le due armature del condensatore, la lamina vibrante e la piastra sottostante sono poste vicinissime, da 0,03 a 0,04 mm. La capacità dei collegamenti microfono-preamplificatore deve essere trascurabile, ed a

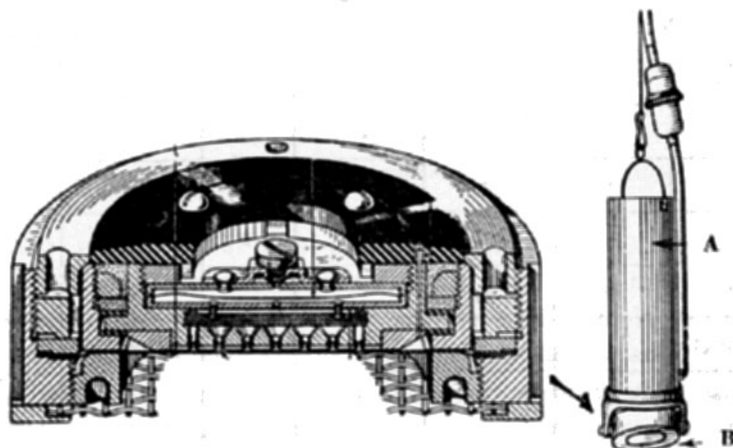


Fig. 7.18. - Unità elettroacustica di microfono a condensatore, a sinistra: microfono a condensatore con amplificatore, a destra: A = preamplificatore; B = microfono.

tale scopo il preamplificatore è posto immediatamente sopra o sotto il microfono, in una custodia cilindrica, come in fig. 7.18.

La realizzazione pratica del microfono a condensatore è piuttosto complessa, dati gli accorgimenti necessari per assicurarne il normale funzionamento. La fig. 7.18 illustra le parti componenti un microfono a condensatore. La piastra pesante è forata in modo da consentire il movimento dell'aria; una apposita valvola acustica è posta dietro di essa, in modo da ottenere l'adeguato smorzamento; al posto dell'aria, vi è nell'interno del microfono gas nitrogeno, allo scopo di evitare corrosioni e per impedire che il pulviscolo possa insinuarsi tra le sue armature. Altri accorgimenti consentono di variare la tensione della membrana vibrante, nonchè la distanza dalla placca sottostante.

La tensione è applicata al condensatore, tramite la resistenza di carico, quella ai cui capi si trova la tensione ad audiofrequenza; essa è collegata con un condensatore alla resistenza di griglia della valvola del preamplificatore.

Vantaggi	*Inconvenienti*
Eccellente fedeltà di riproduzione. Nessun fruscio. Non richiede trasformatore.	Bassissima resa d'uscita e necessità di preamplificatore all' immediata uscita del microfono.

Iª - SCELTA DEL MICROFONO IN BASE AL FUNZIONAMENTO E ALL'IMPIEGO

Caratteristiche	Cristallo	Ceramico	Dinamico	Nastro	Magnetico	Capacitivo	Carbone
Temperatura elevata (sopra i 40°)		*	*	*	*	*	*
Bassa temperatura	*	*	*	*	*	*	*
Alta umidità		*	*	*	*		*
Urti, scosse, ecc.			*		*		*
Uscita molto alta							*
Uscita alta	*	*			*		
Ottimo responso			*	*		*	
Basso costo	*	*			*		*
Cavo molto lungo (1)			*	*	*	*	
Bassa distorsione			*	*		*	

(1) Scegliere un modello a bassa impedenza

IIª - SCELTA DEL MICROFONO IN BASE ALLE CONDIZIONI DI AMBIENTE

Condizioni acustiche	Omni-direzion.	Bi-direzionale (solo Nastro)	Unidirezionale	Differenziale
Bassa riverberazione	*	*	*	
Alta riverberazione		*	*	
Basso rumore di fondo	*	*	*	
Rumore di fondo molto alto				*
Sorgente sonora lontana dal microf.			*	
Sorgente sonora vicina	*	*	*	

CAPITOLO OTTAVO

L'AMPLIFICATORE

1. — CARATTERISTICHE GENERALI.

Principio dell'amplificatore.

L'amplificatore è alla base di qualsiasi complesso audio. Esso provvede ad amplificare la tensione ad audiofrequenza fornita dal microfono, dal rivelatore fonografico, o dalla testina del registratore magnetico.

Consiste di una o più valvole amplificatrici, oppure di uno o più transistor amplificatori.

L'amplificatore è distinto in due parti: la parte iniziale, la quale provvede all'amplificazione della tensione ad audiofrequenza, e la parte finale, la quale provvede invece all'amplificazione di potenza, in quanto è necessaria della potenza per poter far funzionare l'altoparlante. Vi sono amplificatori ad una sola valvola, o ad un solo transistor, i quali costituiscono un'eccezione; in genere gli amplificatori sono costituiti da almeno due valvole, o due transistor. A volte viene usata una valvola doppia, specie per gli amplificatori delle fonovaligie.

L'amplificatore consente una certa *resa d'uscita*. La sua potenza è indicata appunto dalla resa d'uscita. Gli amplificatori molto piccoli, a transistor, consentono minime rese d'uscita, di 0,1 watt. I piccoli amplificatori, a valvole o a transistor, consentono rese d'uscita di 1 watt circa. Gli amplificatori di tipo medio-piccolo consentono rese di uscita intorno ai tre watt; quelli di tipo medio, da 5 a 8 watt. Gli amplificatori di potenza elevata si dividono a loro volta in varie categorie, da quella più bassa, intorno ai 12 watt, alla media intorno ai 25 watt, sino alla maggiore da 50 watt ed oltre.

PARTI ESSENZIALI DELL'AMPLIFICATORE.

La fig. 8.1 illustra schematicamente un amplificatore ridotto ai minimi termini, bene adatto però per funzionare in fonovaligia, con una resa di uscita di 1 watt, a bassa distorsione.

L'entrata dell'amplificatore è indicata in alto a sinistra. La presa d'entrata va collegata al fonorivelatore (pick-up). Segue il *controllo di volume*, costituito da una resistenza variabile, a variazione logaritmica, di 1 megaohm. È indicata con *R8*. Essa consente di adeguare la resa d'uscita, variandola entro un minimo e un massimo. Variando la resistenza, ossia regolando il controllo di volume, varia la tensione del segnale audio trasferita all'entrata della valvola amplificatrice.

La *valvola amplificatrice* è una PCL82. È costituita da due parti, un triodo e un

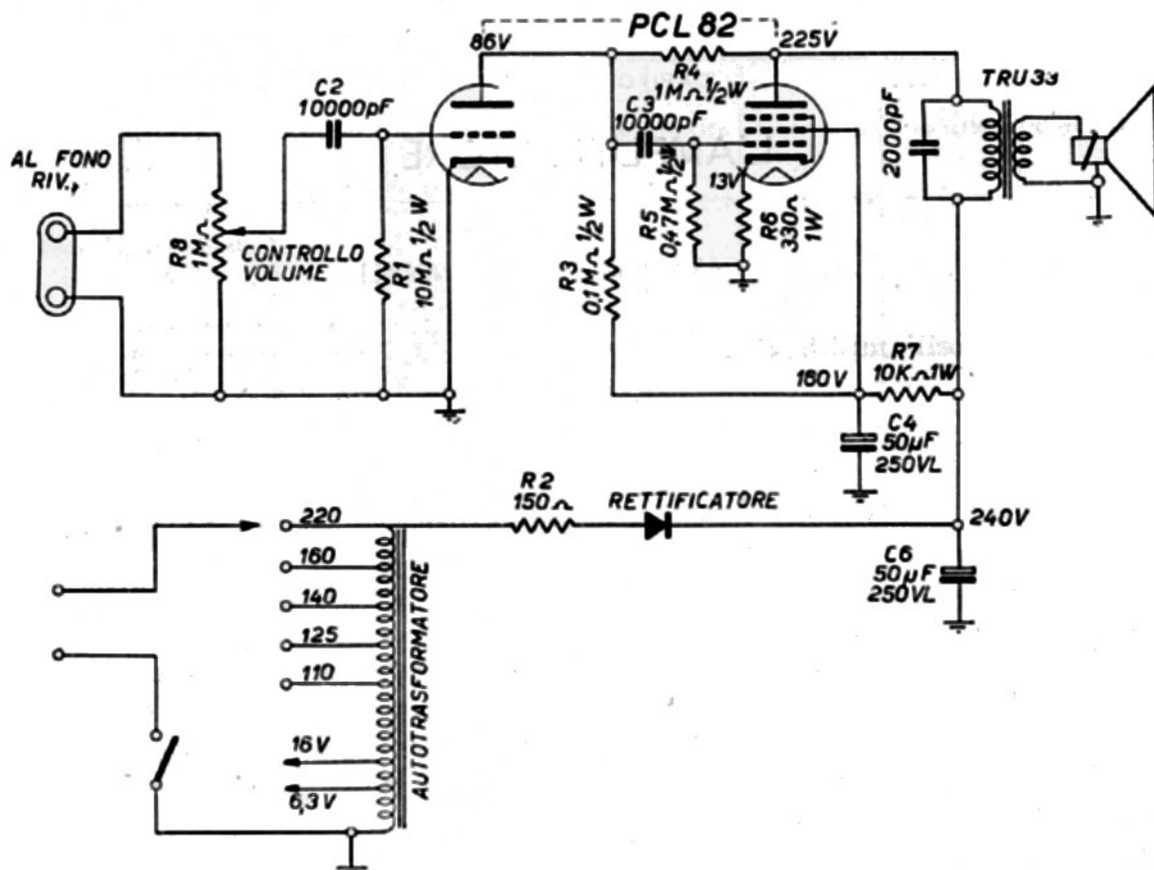


Fig. 8.1. A – **Esempio di semplicissimo amplificatore audio, funzionante con una valvola PCL82.**

pentodo. In figura, il triodo e il pentodo sono disegnati separatamente; in pratica sono contenuti nello stesso bulbo di vetro.

Il triodo provvede alla *preamplificazione*, ossia all'*amplificazione di tensione del segnale audio*, fornito dal fonorivelatore. Alla sua entrata vi è la resistenza R_1 detta *resistenza di griglia*. È accoppiato al controllo di volume mediante il *condensatore di accoppiamento*, C_2 di 10 mila picofarad.

Il pentodo provvede all'amplificazione finale di potenza del segnale audio, già amplificato dal triodo. È accoppiato al triodo mediante un altro condensatore di 10 mila picofarad, C_3. La sua placca è collegata al *trasformatore d'uscita* (TRU33), il cui secondario è collegato alla bobina mobile dell'altoparlante. In tal modo il segnale audio giunge alla bobina mobile situata in cima al cono vibrante dell'altoparlante, e viene tradotto in voci e suoni.

La resistenza R_6 è detta *resistenza di catodo*; determina la polarizzazione della valvola finale. La resistenza R_4 è detta di *controreazione*; ha l'effetto di stabilizzare il funzionamento della valvola finale.

L'amplificatore funziona con la tensione della rete-luce, adeguatamente ret-

tificata e livellata. A tale scopo provvede l'*alimentatore anodico*. Esso consiste dell'autotrasformatore collegato alla rete-luce. Qualunque sia la tensione della rete-luce, essa viene elevata a 220 volt alternati, e viene quindi rettificata mediante un rettificatore metallico. Esso è preceduto dalla resistenza di protezione R_2, di 150 ohm.

La tensione rettificata viene livellata mediante i due condensatori elettrolitici C_4 e C_6 di 50 microfarad ciascuno, nonchè dalla resistenza R_7 di 10 mila ohm.

La massima tensione anodica è quella di 240 volt, ai capi di C_6. È applicata alla placca del pentodo. Alla griglia schermo del pentodo, e alla placca del triodo è applicata una tensione minore, meglio livellata, di 160 volt, presente ai capi di C_4.

L'autotrasformatore è provvisto di una presa a 16 volt per il filamento della valvola PCL82; esso va collegato tra tale presa e il ritorno comune (massa). Un'altra presa a 6,3 volt serve per la lampadina.

La fig. 8.2 riporta lo schema di un piccolo amplificatore, adatto per fonovaligia. Consiste di una *valvola amplificatrice di tensione*, un triodo 12AV6 (è un triodo con due diodi, in uso negli apparecchi radio, i cui due diodi non sono utilizzati), e di una *valvola finale di potenza*, un pentodo 35D5. Una terza valvola provvede a fornire la tensione continua necessaria al funzionamento delle due prime valvole, è un diodo 35A3. Funziona da *rettificatrice*.

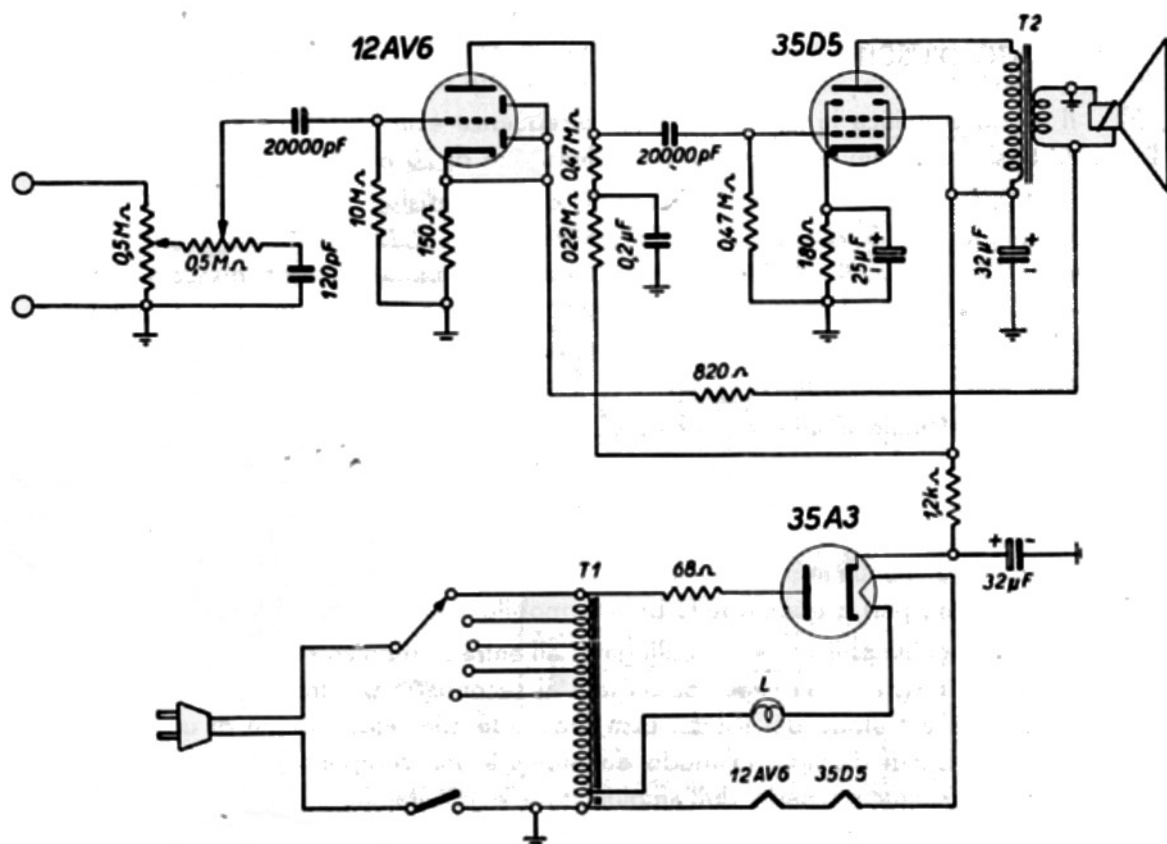


Fig. 8.2. - Altro esempio di amplificatore audio, adatto per fonovaligia, a tre valvole.

IL CIRCUITO D'ENTRATA.

Il circuito d'entrata dell'amplificatore è indicato a sinistra, in tutti gli schemi; quello d'uscita è invece a destra. Il senso dell'amplificazione è sempre da sinistra a destra. L'*entrata dell'amplificatore* consiste di due contatti, uno « caldo », collegato alla prima valvola, e l'altro « freddo », collegato alla massa, ossia al telaio metallico, e che costituisce il ritorno del circuito.

Ai capi dell'entrata vi è una resistenza variabile di 0,5 megaohm; essa provvede al *controllo di volume* dell'amplificatore, ossia provvede a variare la resa d'uscita. Il suo cursore è collegato ad un'altra resistenza variabile, anch'essa di 0,5 megaohm, con un condensatore di 120 pF in serie. Questa seconda resistenza variabile provvede al *controllo di tonalità*. In pratica tale controllo si limita ad attenuare più o meno i toni acuti, per cui agisce da *controllo di fruscio;* in presenza di fruscio notevole da parte del disco fonografico, esso riduce l'amplificazione delle frequenze elevate, in modo da farlo scomparire.

La tensione ad audiofrequenza viene applicata all'entrata del triodo amplificatore, tra la sua griglia e massa, tramite un condensatore di accoppiamento di 20 mila pF.

IL CIRCUITO D'USCITA.

Il triodo amplifica la tensione ad audiofrequenza e la trasferisce all'entrata della valvola finale, ciò tramite un secondo condensatore di 20 mila pF.

Il circuito di placca del triodo consiste di due resistenze fisse, quella di *carico* di 0,47 megaohm, e quella di disaccoppiamento di 0,22 megaohm. Quest'ultima resistenza forma, con il condensatore di 0,2 microfarad, un circuito disaccoppiatore e di rinforzo dei toni bassi. Il disaccoppiatore è necessario per evitare che la valvola finale influenzi quella d'entrata, ossia per evitare instabilità di funzionamento da parte dell'amplificatore.

La valvola finale amplifica anch'essa la tensione ad audiofrequenza, per quanto meno del triodo. La finale provvede sopra tutto a far intervenire la corrente, in modo da ottenere potenza. La sua resa d'uscita è applicata, tramite il trasformatore d'uscita, alla bobina mobile dell'altoparlante. Tale trasformatore, data la valvola finale impiegata, ha un'impedenza primaria di 2500 ohm, ed un'impedenza secondaria di 3,2 ohm, pari a quella della bobina mobile.

L'uscita dell'amplificatore è collegata all'entrata mediante una resistenza di 820 ohm. Tale resistenza fa capo, da un lato al secondario del trasformatore d'uscita, e dall'altro lato al catodo del triodo. Essa provvede alla retrocessione di una minima parte della tensione d'uscita, in modo da ottenere una compensazione della distorsione. La distorsione da parte dell'amplificatore è inevitabile, può però venir compensata, ossia attenuata, e ciò appunto con la resistenza indicata, detta resistenza di *controreazione*.

IL CIRCUITO DI ALIMENTAZIONE.

I filamenti delle tre valvole sono collegati in serie, ed in serie con essi vi è pure il filamento della lampadina spia (*L*).

La tensione di accensione è ottenuta con una presa dell'avvolgimento dell'autotrasformatore (T_1). Tale avvolgimento ha un capo collegato a massa, ossia al telaio dell'amplificatore; l'altro capo è collegato, tramite una resistenza di protezione di 68 ohm, alla placca della valvola rettificatrice.

La tensione anodica è ottenuta dal catodo di tale valvola. Essa viene livellata mediante due condensatori elettrolitici di 32 microfarad, e una resistenza di 1200 ohm.

La resa d'uscita dell'amplificatore è di circa 3 watt.

L'amplificatore a due canali.

L'amplificatore a due canali è un amplificatore doppio, adatto per l'amplificazione dei toni bassi (canali bassi) e per l'amplificazione dei toni alti (canali alti). Differisce dai tipi convenzionali di amplificatore per tale amplificazione selettiva. È provvisto di due altoparlanti, uno di piccolo diametro (9 cm) per il canale alti, e l'altro di diametro maggiore (27 cm) per il canale bassi.

La fig. 8.3 riporta lo schema di un amplificatore a due canali, bassi e alti, di semplice realizzazione e di ottima efficienza. È provvisto di tre valvole ampli-

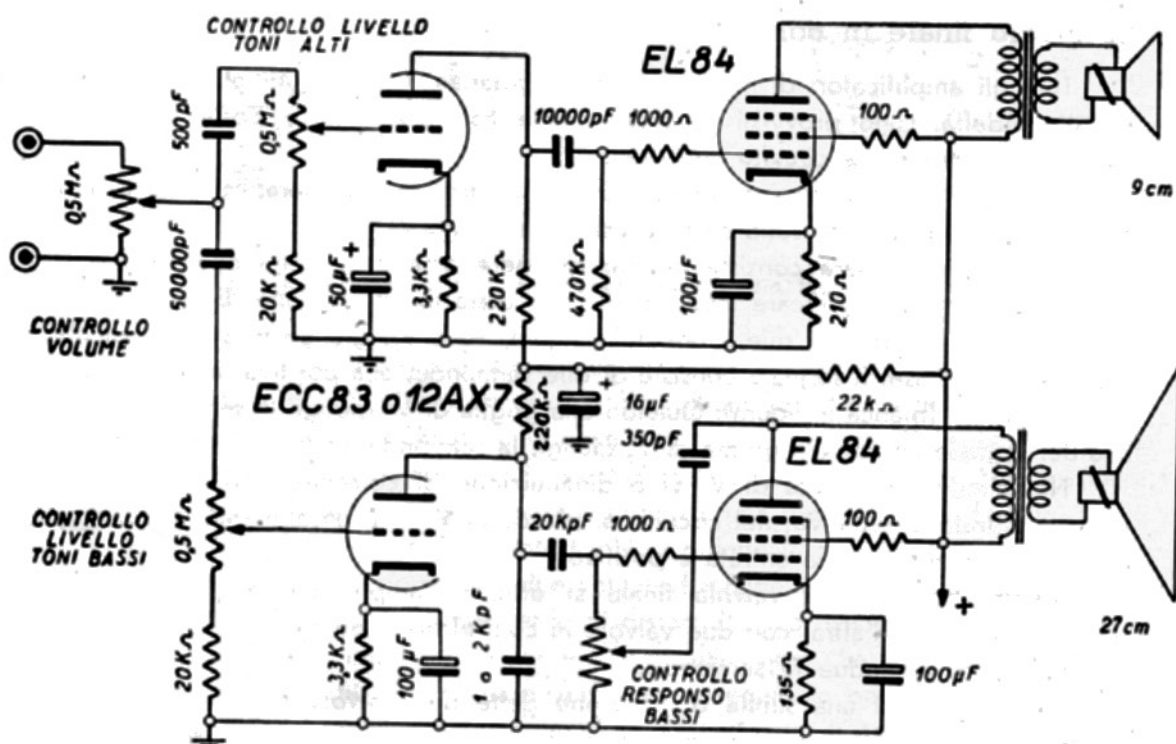


Fig. 8.3. – Schema di amplificatore audio a due canali, uno per i toni alti e l'altro per i toni bassi.

ficatrici, un doppio triodo e due finali. Nell'esempio, il doppio triodo può essere una ECC83 o una 12AX7; le finali sono due EL84.

Vi sono tre controlli di volume; uno è il controllo di volume generale; gli altri due sono all'entrata di ciascun canale, e sono detti *controlli di livello*. Questi ultimi consentono di adeguare l'amplificazione rispettivamente dei toni bassi e di quelli alti, a seconda delle necessità, e in rapporto alle condizioni acustiche dell'ambiente e al gusto dell'ascoltatore.

Vi è, in più, un controllo di responso dei toni bassi, in circuito a reazione negativa, bene adatto a tale scopo. Per i toni alti tale controllo non è necessario, essendo sufficiente il controllo di livello.

I circuiti dei due canali sono molto simili; variano alcuni valori; ad es. il condensatore di accoppiamento nel canale alti è di 10 mila ohm, mentre l'analogo nel canale bassi è di 200 mila ohm. Anche le resistenze di catodo delle due valvole finali sono di valore diverso; sono adatte a due diverse rese d'uscita, di due watt per il canale alti e di 3 watt per il canale bassi. In pratica si possono ottenere rese d'uscita doppie, ma ciò non è opportuno data la maggiore distorsione conseguente. Per rese d'uscita elevate, è opportuno un altro tipo di amplificatore, con le valvole finali in controfase.

2. — L'AMPLIFICAZIONE IN CONTROFASE.

Lo stadio finale in controfase.

Tutti gli amplificatori di media e grande potenza, nonchè tutti gli amplificatori ad alta fedeltà, sono provvisti di stadio finale con due valvole poste in *circuito controfase*, detto anche *circuito push-pull*.

La fig. 8.4 illustra il principio del circuito controfase; per semplicità sono indicati due triodi, in pratica sono sempre usati due pentodi.

Il principio basilare consiste nel far giungere all'entrata delle due valvole finali, il segnale da amplificare invertito di fase, ossia in *opposizione di fase*, cioè *in controfase*. All'entrata dei due triodi della figura, V_1 e V_2, giunge lo stesso segnale, ma invertito di fase. Il segnale consiste di due semionde, una positiva (nera in figura) e una negativa (bianca in figura). Quando alla griglia di V_1 giunge la semionda negativa del segnale audio, alla griglia di V_2 giunge la semionda positiva.

Nel circuito di placca di V_1 vi è diminuizione di corrente, perchè il segnale alla sua entrata è negativo; nel circuito di placca di V_2 vi è un aumento di corrente, perchè il segnale alla sua entrata è positivo.

Mentre con la sola valvola finale si ottiene l'amplificazione prima di una semionda e poi dell'altra, con due valvole in controfase si ottiene la simultanea amplificazione di ambedue le semionde.

Il vantaggio di una simile disposizione delle due valvole finali consiste nella minor distorsione. È un vantaggio importantissimo sia per i grandi amplificatori, i quali diversamente non avrebbero neppur la possibilità di funzionare, per l'eccessiva

distorsione introdotta dalla forte amplificazione, sia per gli amplificatori ad alta fedeltà. L'alta fedeltà non sarebbe stata realizzabile se non fosse stato possibile eliminare gran parte della distorsione provocata dallo stadio finale.

Un secondo vantaggio del circuito controfase consiste nella possibilità di ottenere una maggiore resa d'uscita, una maggiore potenza.

MINOR DISTORSIONE.

Due valvole finali in controfase distorgono meno di una sola valvola, perchè il loro funzionamento è bilanciato. Se una delle valvole finali distorge il segnale audio in un certo senso, l'altra valvola lo distorge in senso opposto; ne risulta che le due distorsioni si neutralizzano.

Poichè le due distorsioni sono in opposizione di fase e si neutralizzano, non è più necessario far funzionare le valvole nel solo tratto rettilineo della loro curva caratteristica; si possono far funzionare anche nel solo tratto non lineare, ossia si può appli-

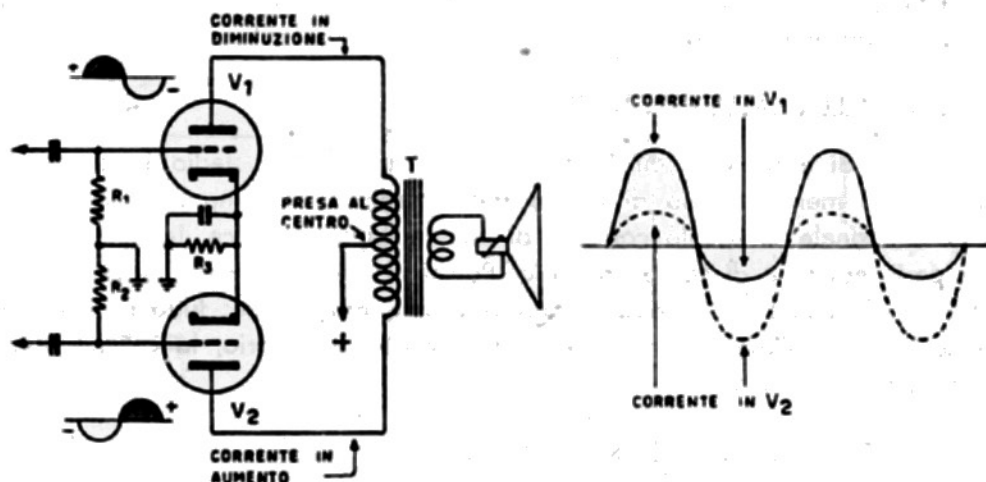


Fig. 8.4. - Principio di funzionamento dello stadio finale in controfase.

care alla loro entrata un segnale di maggior ampiezza. Se tale segnale di maggior ampiezza venisse applicato all'entrata di una sola valvola finale, esso determinerebbe intollerabile distorsione. Applicato a due valvole finali in controfase, esso determina distorsione, ma la distorsione risulta neutralizzata, quindi come se non esistesse, per cui è possibile ottenere una maggior potenza, una maggior resa d'uscita.

Esempio: se con una sola valvola finale si ottiene la resa d'uscita di 4 wat con il 10 per cento di distorsione, con due valvole finali dello stesso tipo, in controfase, si ottengono 10 watt con il 5 per cento di distorsione. La distorsione non è del tutto eliminata, ciò che è impossibile, ma è ridotta alla metà. Se le due valvole finali anzichè venir collegate in controfase venissero collegate in parallelo, con le griglie unite insieme, e le placche unite insieme, la resa d'uscita di 8 watt, ossia due volte 4 watt, risulterebbe con il 10 per cento di distorsione; spingendo l'amplificazione sino

ad ottenere 10 watt, la distorsione salirebbe al 16 per cento. Con due valvole in controfase essa è invece del 5 per cento.

RIDUZIONE DEL RONZIO.

Altro vantaggio importante derivante dalla disposizione in controfase delle valvole finali consiste nella riduzione del ronzio.

La tensione alternativa del ronzio, dovuta all'alimentatore funzionante con la tensione della rete-luce, se giunge all'entrata delle valvole finali, vi giunge in fase. La semionda positiva è presente simultaneamente alle due entrate, seguita dalla semionda negativa. Ma poichè all'uscita vi è un trasformatore con due primari e un secondario, le due correnti dovute al ronzio sono eguali e di senso opposto, per cui si annullano. La tensione di ronzio si annulla, come si annulla la distorsione, in base allo stesso principio.

Se, però, la tensione di ronzio è captata dagli stadi di amplificazione precedenti quello finale, allora viene amplificata come il segnale audio. Anche la tensione di ronzio viene presentata in opposizione di fase e quindi amplificata dallo stadio finale.

RIDUZIONE DELLA SATURAZIONE DEL NUCLEO.

A parità di altri fattori, il trasformatore d'uscita dello stadio in controfase è più piccolo e meno costoso di quello dello stadio finale singolo. Ciò poichè in assenza di segnale vi è solo corrente di alimentazione anodica, la quale si divide in due parti, eguali e di senso contrario. Poichè il primario risulta percorso da due correnti eguali e in senso contrario, non vi è magnetizzazione; tutto procede come se la corrente di alimentazione anodica non esistesse proprio, in quanto non determina flusso magnetico.

MIGLIORE RESPONSO DELLE FREQUENZE BASSE.

Le frequenze basse tendono a saturare il nucleo del trasformatore d'uscita, con conseguente distorsione e attenuazione, se lo stadio finale funziona con una sola valvola, in quanto esse si sommano alla corrente di alimentazione anodica. Nella disposizione in controfase, non esistendo l'azione da parte della corrente di alimentazione anodica, le frequenze basse non riescono a saturare il nucleo, quindi risultano meno distorte e meno attenuate.

INVERTITORE DI FASE.

Il circuito controfase presenta due inconvenienti:

a) richiede un trasformatore d'uscita con un doppio primario;

b) richiede un invertitore di fase alla sua entrata.

Affinchè il segnale audio risulti in opposizione di fase all'entrata delle due finali in controfase, è necessario che esso venga diviso in due parti, e che tali due

parti siano in opposizione di fase. Poichè, però, la tensione audio presente nel circuito di placca di un triodo è in opposizione di fase con quella presente nel circuito di catodo, è sufficiente collocare un triodo all'entrata dello stadio finale in controfase, e collegare la sua placca all'entrata di una delle finali, e il suo catodo all'entrata dell'altra finale. Il triodo vien detto *invertitore di fase.*

La valvola invertitrice di fase.

Nella fig. 8.5 con V_1 è indicata la valvola invertitrice di fase e con V_2 e V_3 le valvole finali in controfase. È importante notare che la resistenza di catodo della valvola V_1 (R_1 di 120 chiloohm) ha lo stesso valore della resistenza di placca di tale valvola (R_2 di 120 chiloohm). È anche da notare che i due condensatori di

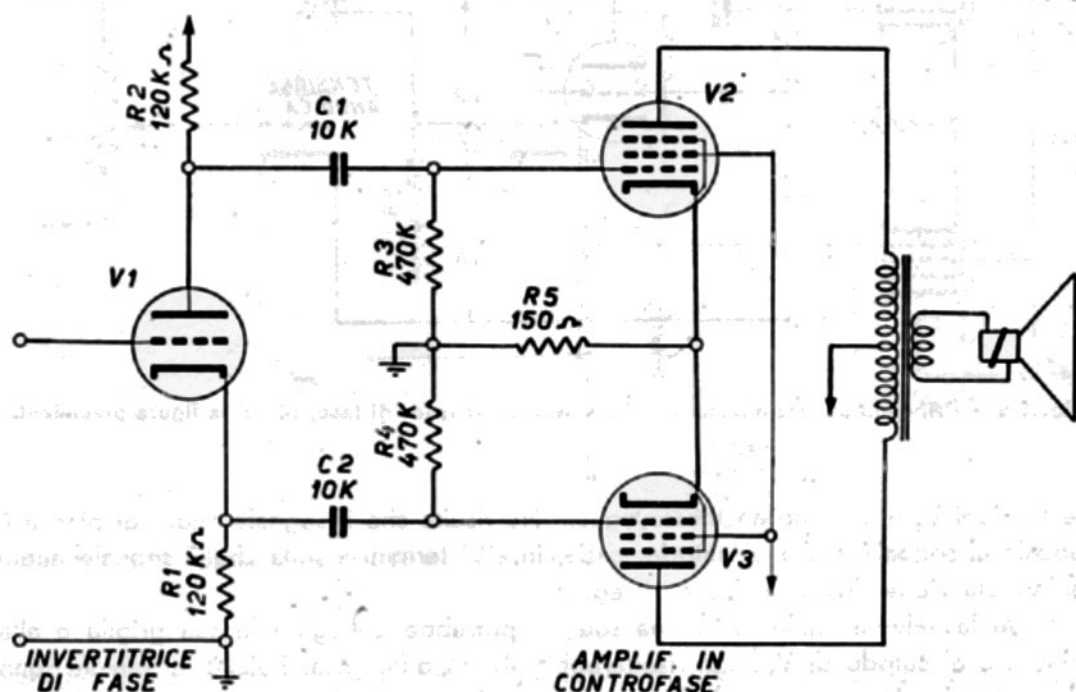


Fig. 8.5. - Schema di valvola invertitrice di fase, seguita da due finali in controfase.

accoppiamento — C_1 e C_2 — hanno anch'essi lo stesso valore, di 10 mila picofarad. Sono dello stesso valore anche le due resistenze di griglia delle valvole finali, R_3 e R_4.

In tal modo, il segnale audio presente all'entrata della valvola invertitrice di fase, V_1, viene diviso in due parti eguali. Due segnali audio della stessa ampiezza vengono trasferiti alle valvole finali; sono eguali ma di fase invertita, come necessario per far funzionare le due valvole in circuito controfase.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO.

La fig. 8.6 illustra il principio di funzionamento della valvola invertitrice di fase. Le resistenze R_1 ed R_2 sono dello stesso valore, di 120 mila ohm. Rispetto alla tensione di alimentazione, anche la valvola V_1 si comporta come una resistenza, sicchè ai capi dell'alimentatore anodico vi sono tre resistenze in serie. Esse sono: R_1, la resistenza interna di V_1, ed R_2.

La tensione di alimentazione anodica si divide in tre parti. Queste tre parti sono indicate con V_1, V_2 e V_3. Poichè le resistenze R_1 e R_2 sono dello stesso valore,

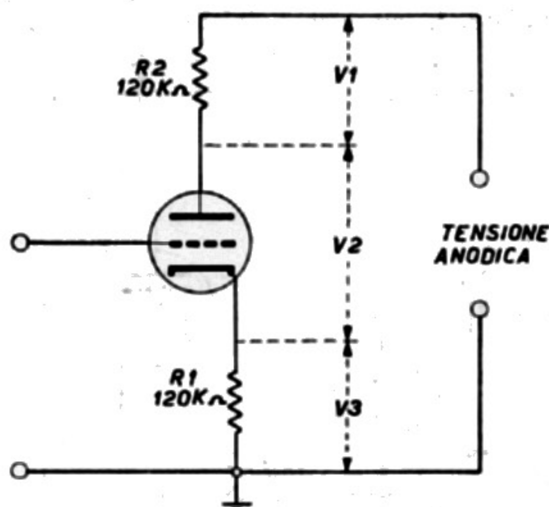


Fig. 8.6 - Principio di funzionamento della valvola invertitrice di fase, di cui la figura precedente.

le tensioni V_1 e V_3 sono anch'esse eguali. Ne risulta che il segnale audio di placca è eguale al segnale audio di catodo; ossia, in altri termini, risulta che il segnale audio all'entrata viene diviso in due parti eguali.

Se la valvola finale fosse una sola, si potrebbe collegare la sua griglia o alla placca o al catodo di V_1; non risulterebbe alcuna differenza. Poichè le valvole sono due, esse funzionano nello stesso identico modo, con la stessa resa d'uscita. Funzionano però in controfase, poichè quando all'entrata di una di esse vi è la semionda positiva del segnale audio, all'entrata dell'altra vi è la semionda negativa dello stesso segnale audio.

L'accoppiamento diretto.

Due valvole amplificatrici sono accoppiate direttamente, quando la placca di una di esse è collegata direttamente con la griglia della seguente, senza il condensatore di accoppiamento.

La fig. 8.7 illustra un esempio di accoppiamento diretto. La valvola invertitrice di fase è costituita da uno dei due triodi di una qualsiasi valvola a doppio triodo. L'altro triodo è usato per l'amplificazione di tensione, ossia per la preamplificazione; è perciò all'entrata; la sua griglia è collegata al controllo di volume.

Va notato che la placca del primo triodo, il preamplificatore, è direttamente collegata alla griglia del secondo triodo, l'invertitore di fase. Ciò è possibile appunto

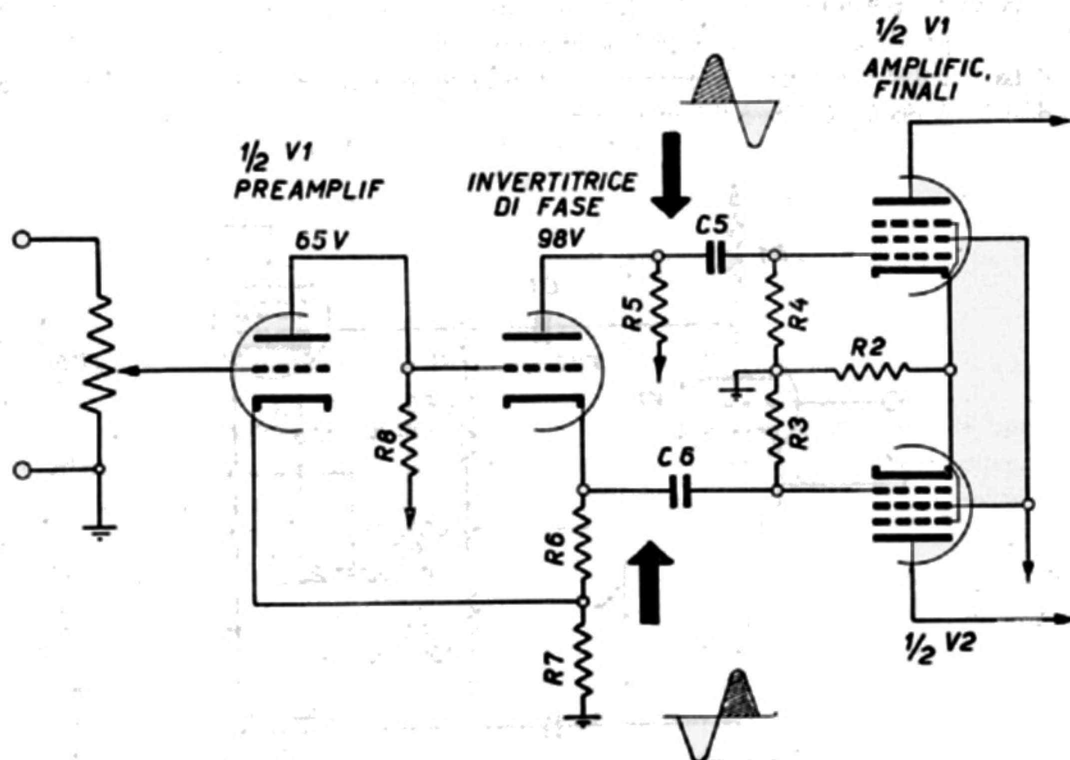


Fig. 8.7. – Accoppiamento diretto tra la valvola preamplificatrice e la amplificatrice di fase.

perchè il triodo invertitore di fase è provvisto di una resistenza di catodo dello stesso valore della resistenza di placca.

La tensione di placca del primo triodo è di 65 volt positivi. La griglia del secondo triodo, essendo collegata direttamente alla placca del primo triodo, è anch'essa alla tensione di 65 volt positivi. Poichè il catodo è anch'esso alla stessa tensione di 65 volt, la griglia si trova a zero volt rispetto al proprio catodo. Perciò il triodo invertitore di fase funziona normalmente.

Le due freccie indicano che nel circuito di placca del secondo triodo vi è un segnale audio eguale a quello che vi è nel circuito di catodo, e che i due segnali sono invertiti di fase.

- Nelle due figure precedenti, la resistenza di catodo del triodo invertitore di fase era una sola; in questa figura vi sono due resistenze in serie, R_6 e R_7, e ciò allo scopo di far funzionare il primo triodo con una tensione di polarizzazione di circa 1 volt (0,93 volt).

Il circuito parafase.

A volte per ottenere l'inversione di fase del segnale audio, viene utilizzato il circuito parafase; si tratta di un tipo particolare d'invertitore di fase.

La fig. 8.8. ne illustra il principio. Il triodo V_1 è il preamplificatore del segnale audio; il triodo V_2 è l'invertitore di fase.

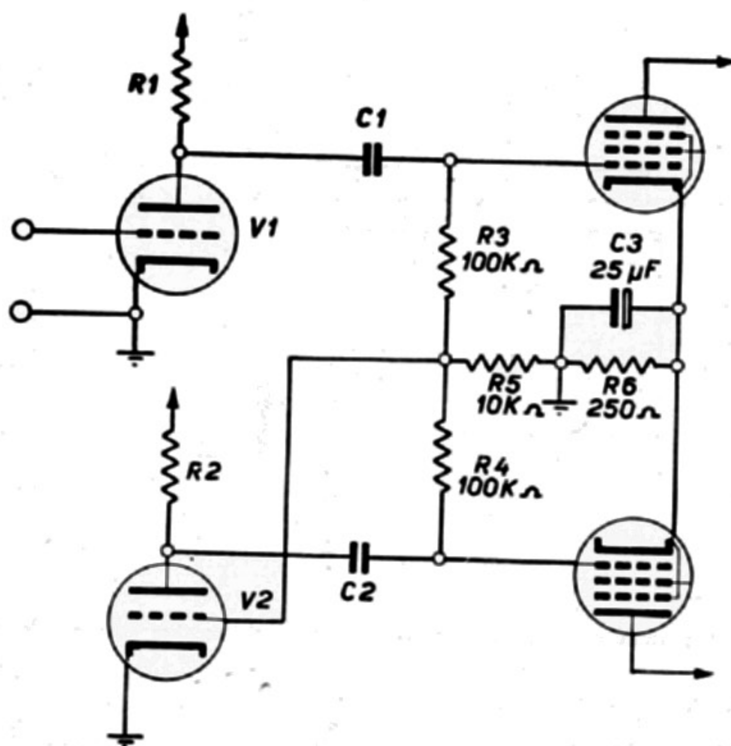


Fig. 8.8. – Esempio di valvola invertitrice di fase (V2) in circuito parafase.

La griglia di V_2 è collegata ad una presa del circuito di griglia del pentodo finale indicato in alto, in figura. Tale presa consiste nel punto di collegamento di due resistenze poste in serie, R_3 ed R_5. Esse formano la resistenza di griglia del pentodo finale, in alto.

Ne risulta un divisore di tensione. La tensione audio ai capi di R_5 viene trasferita alla griglia dell'invertitore di fase V_2. Il valore di R_5 viene calcolato in modo che la

tensione audio trasferita alla griglia di V_2 abbia la stessa ampiezza di quella presente all'entrata di V_1. Ossia, per calcolare il valore di R_5 occorre tener conto del fattore di amplificazione del triodo V_1.

In tal modo, all'entrata dei due triodi vi è lo stesso segnale audio, della stessa ampiezza, ma invertito di fase, in quanto il segnale audio presente nel circuito di placca è sempre invertito di fase rispetto a quello presente nel circuito di griglia.

Occorre quindi amplificare il segnale applicato alla griglia di V_2, ed a ciò provvede appunto il triodo V_2. Esso trasferisce il segnale audio amplificato, tramite C_3, all'entrata del secondo pentodo finale, quello in basso.

I due triodi sono identici, in quanto appartengono alla stessa valvola a doppio triodo, quindi amplificano in eguale misura. I due segnali audio applicati alle valvole finali sono perciò della stessa ampiezza, e invertiti di fase.

3. — LA REAZIONE INVERSA

Caratteristiche della reazione inversa.

La *reazione inversa*, detta anche *reazione negativa* o *controreazione*, è di basilare importanza nella tecnica degli amplificatori ad audiofrequenza; con essa si ottengono numerosi vantaggi, particolarmente importanti quando le valvole finali sono tetrodi o pentodi, essendo in tal caso più difficile minimizzare la distorsione conseguente alla caratteristica non lineare di queste valvole. Per tale ragione, e per altre ancora, tutti gli amplificatori di costruzione recente, del tipo a media musicalità e tanto più quelli ad alta musicalità, sono provvisti di reazione inversa. Gli amplificatori di costruzione non recente, senza reazione inversa, possono venir notevolmente perfezionati applicando tale reazione anche ad essi, tanto più che ciò non richiede alcuna laboriosa progettazione.

La reazione inversa si basa sul fatto che il segnale ad audiofrequenza presente all'uscita della valvola amplificatrice è in opposizione di fase rispetto a quello presente all'entrata della valvola stessa, ossia è a 180 gradi fuori fase. La reazione inversa consiste nel far retrocedere una parte del segnale amplificato, dall'uscita all'entrata della valvola.

I vantaggi conseguenti alla reazione inversa sono importanti e numerosi; il principale è la minor distorsione, quindi la più elevata fedeltà ottenibile; gli altri sono: riduzione del ronzio e del rumore di fondo, migliore responso alle varie frequenze, maggiore indipendenza dalle fluttuazioni della tensione anodica, migliore frenatura del sistema vibrante dell'altoparlante, ecc. Si supponga, ad es., che all'entrata della valvola finale non sia presente alcun segnale ad eccezione di una certa tensione alternativa di ronzio; in tal caso la tensione di ronzio viene amplificata e riprodotta dall'altoparlante qualora non vi sia reazione inversa. Se invece la valvola finale è provvista di reazione inversa, una parte della tensione di ronzio viene retrocessa in oppo-

sizione di fase dall'uscita all'entrata della valvola, con il risultato di annullare quella presente all'entrata, essendo eguale e contraria, e con l'effetto di far scomparire il ronzio o per lo meno di attenuarlo fortemente.

Nello stesso modo è possibile attenuare un tratto della gamma di frequenza qualora risulti d'ampiezza eccessiva, a vantaggio della parte restante della gamma. Se, ad es., si vuole evitare che la valvola finale o altra precedente abbia ad amplificare normalmente le frequenze comprese dai 3000 c/s in su, si provvede a far retrocedere quella parte del segnale che va da tale frequenza sino all'estremo alto della gamma; poichè le frequenze comprese in questo tratto vengono ripresentate all'entrata in opposizione di fase, ne risulta un parziale annullamento della loro ampiezza, ossia una parziale soppressione, la quale può venir regolata a seconda della necessità. Ne risulta una particolare forma di compensazione di tono assai utile. Essendo possibile variare l'ampiezza del segnale retrocesso con resistenza variabile, molti amplificatori di classe sono provvisti di due controlli di compensazione a reazione inversa: uno per i toni alti e l'altro per i toni bassi, ciascuno dei quali costituito da una resistenza variabile.

La reazione inversa ha due inconvenienti: *a*) riduce il guadagno dello stadio, *b*) può causare oscillazione. Il primo inconveniente ha poca importanza, data l'alta amplificazione delle valvole moderne; il secondo può venir evitato con opportuni accorgimenti, dei quali sarà detto più avanti.

Principio della reazione inversa.

Una delle più semplici forme di reazione inversa è quella di fig. 8.9, in cui la retrocessione di parte del segnale amplificato avviene tramite un condensatore ed una resistenza in serie, posti tra la placca e la griglia controllo della valvola finale.

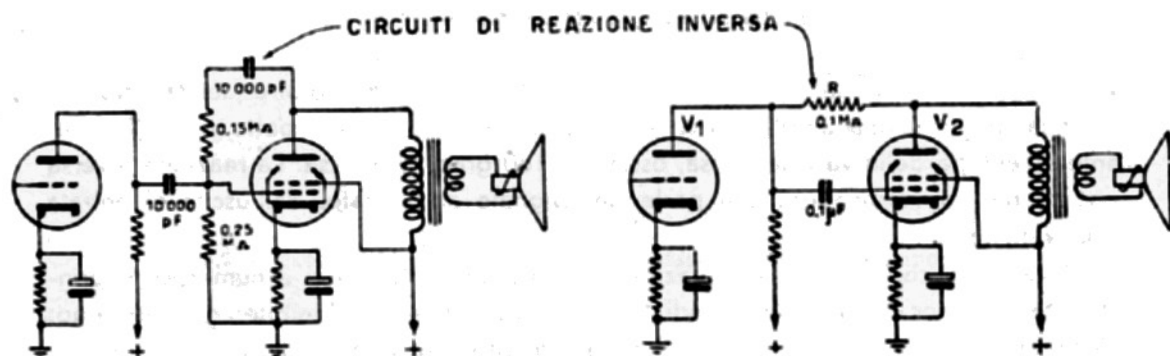


Fig. 8.9. - Circuiti basilari di reazione inversa.

L'ampiezza del segnale retrocesso è determinata dal valore di *R*, mentre C serve per separare la tensione anodica da quella di griglia. All'estremo basso della gamma, il condensatore C interviene a limitare l'ampiezza del segnale retrocesso, dato che alle

basse frequenze la reattanza capacitativa è alta e si somma alla resistenza; l'attenuazione è perciò meno accentuata per i toni bassi e più accentuata per quelli alti. Ciò risulta utile, dato che il trasformatore d'uscita causa una notevole attenuazione delle frequenze basse. I valori di *R* e di C indicati in figura sono stati scelti prevedendo che il trasformatore d'uscita sia di buona qualità; qualora ciò non fosse, è opportuno diminuire il valore di *R*, in modo da accentuare l'attenzione delle frequenze alte e medie a vantaggio di quelle basse.

La fig. 8.9 illustra un'altra disposizione dello stesso circuito di reazione inversa; la differenza consiste nell'assenza del condensatore in serie alla resistenza. Poichè la placca di V_1 e la griglia di V_2 sono virtualmente in fase, la reazione negativa può essere ottenuta inserendo parte del segnale amplificato della placca di V_2 a quella di V_1. Il risultato è simile a quello dell'esempio precedente. Anche in questo caso l'entità della reazione inversa può venir regolata variando il valore di *R*; basta diminuire il valore di *R* per ottenere un effetto più marcato. Va notato che mentre nell'esempio precedente, il condensatore di accoppiamento è di 10 000 pF, in questo esempio è invece di 0,1 microfarad, ciò allo scopo di evitare che il segnale retrocesso subisca

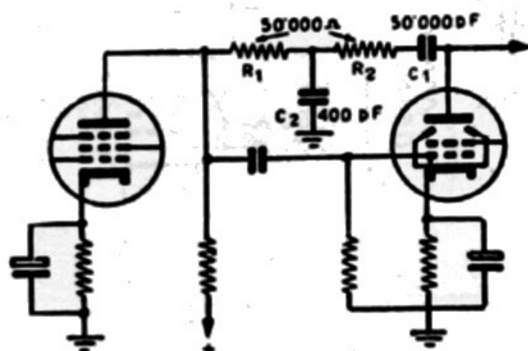


Fig. 8.10. - Circuito di reazione inversa con accentuazione delle frequenze ai due estremi della curva di responso dell'amplificatore.

uno spostamento di fase, fatto questo che costituisce uno dei punti deboli dei circuiti a reazione inversa. Infatti, se il segnale retrocesso non è esattamente in opposizione di fase, ma concorda in parte con la fase del segnale all'entrata, si ottiene la reazione normale, positiva, con il pericolo dell'autooscillazione.

Un effetto secondario della presenza della resistenza *R* nel circuito indicato è che la corrente di placca della valvola V_1 trova due passaggi, anzichè uno solo, con conseguente aumento della tensione di placca. L'inconveniente di questo circuito consiste nel non avere alcun potere discriminativo rispetto alle varie frequenze, poichè tutte risultano egualmente trasferite all'entrata della V_2.

Con il circuito di fig. 8.10 è possibile ovviare all'inconveniente suddetto; la resistenza *R* è divisa in due parti eguali, R_1 e R_2 di 50 000 ohm ciascuna. Il condensatore C_1 di 50 000 pF ha lo scopo di esaltare le frequenze molto basse, limitando l'ampiezza

del segnale retrocesso in corrispondenza alle frequenze molto basse; il condensatore C_2 di 400 pF ha lo scopo di esaltare le frequenze all'altro estremo della gamma, lasciando passare a massa quella parte del segnale retrocesso che corrisponde alle frequenze molto alte.

La reazione negativa usata per migliorare il responso dell'amplificatore.

Oltre che a stabilizzare il funzionamento dell'amplificatore, il circuito a reazione negativa è spesso utilizzato anche per migliorare la curva di responso, in quanto consente di rinforzare i toni bassi, rispetto alle frequenze medie e alte.

Un esempio è quello di fig. 8.11. Il circuito a reazione negativa consiste delle resistenze R_1, R_2 e R_3 nonchè dei condensatori C_1 di 3300 pF. e di un condensatore elettrolitico.

Le resistenze R_2 ed R_3 risultano applicate ai capi del secondario del trasformatore

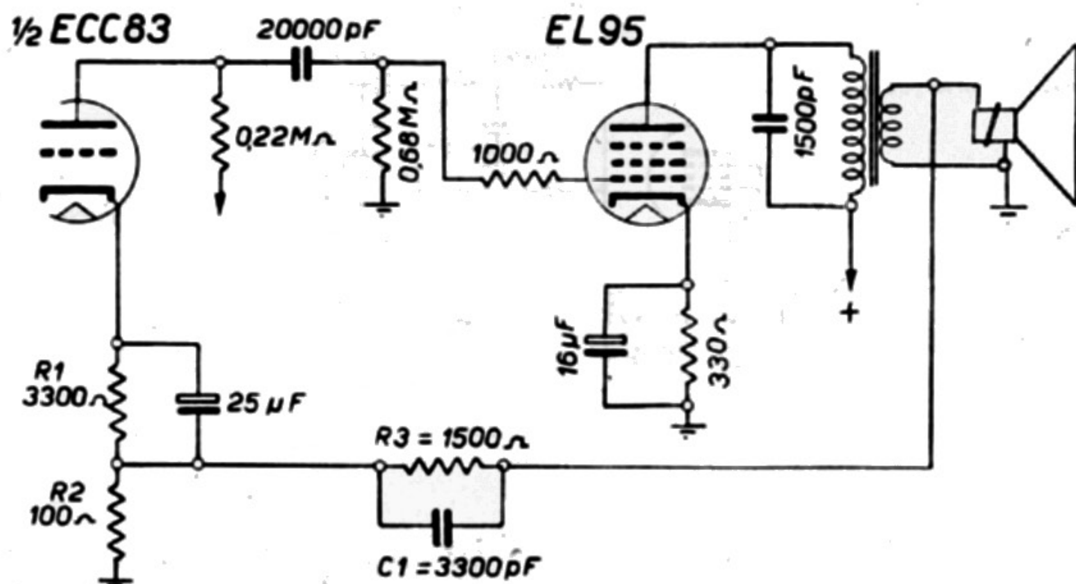


Fig. 8.11. - Circuito a reazione negativa con rinforzo delle frequenze basse. È costituito dalle resistenze R2 e R3, e dal condensatore C1.

d'uscita; agiscono come un divisore di tensione audio. L'entità della tensione audio retrocessa dipende dal rapporto tra le resistenze R_2 e R_3. Nell'esempio tale rapporto è di 1 a 15, perciò una quindicesima parte della tensione audio viene applicata alla valvola amplificatrice di tensione ECC83.

La resistenza di catodo di tale valvola è costituita dalle due resistenze R_1 e R_2; la tensione retrocessa risulta applicata solo ai capi di R_2.

Alle frequenze alte, la reattanza di C_1 è molto modesta. Tali frequenze vengono

trasferite alla valvola preamplificatrice indicata, e la loro amplificazione risulta attenuata, in quanto esse determinano una diminuizione della tensione del segnale audio, essendo in opposizione di fase.

Alle frequenze basse invece, la reattanza di C_1 è notevole; esse vengono meno retrocesse e quindi la loro amplificazione risulta meno attenuata.

Esempio di reazione negativa applicata al controllo di volume.

La reazione negativa viene spesso applicata negli amplificatori ad una sola valvola finale. In quelli a due valvole finali in controfase, è la stessa disposizione in controfase che attenua notevolmente la distorsione causata dall'amplificazione. In quelli ad una sola valvola finale, l'attenuazione della distorsione non può essere ottenuta se non con un circuito a reazione negativa.

La fig. 8.12 illustra un esempio di circuito a reazione negativa, utilizzato allo scopo di diminuire la distorsione, inserito con il controllo di volume.

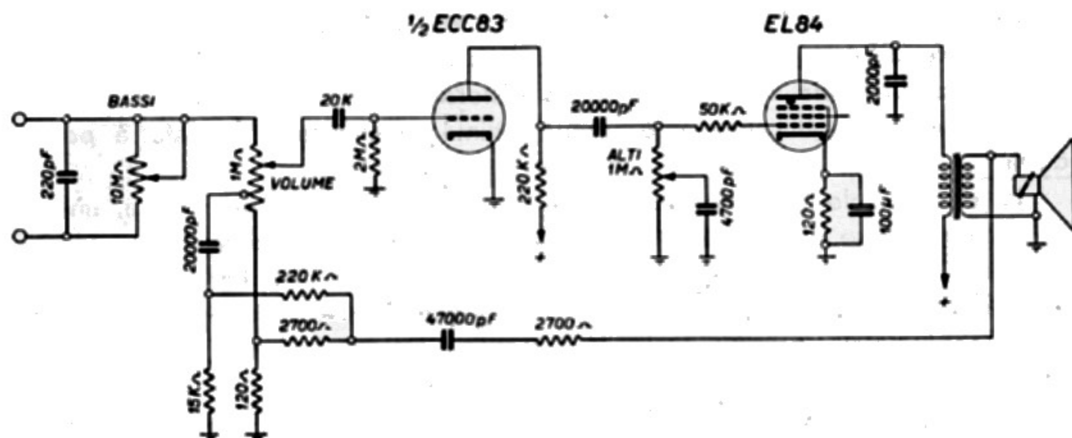


Fig. 8.12. – Esempio di circuito a reazione negativa applicato al controllo del volume.

All'entrata dell'amplificatore vi è un controllo dei toni bassi, seguito dal controllo di volume di tipo compensato. La resistenza di 1 megaohm del controllo è provvista di una presa, verso il basso; ad essa fa capo il circuito di compensazione, costituito dal condensatore di 20 mila picofarad, in serie con la resistenza di 15 mila ohm, collegata con un lato a massa. Tale circuito consente di ottenere buone riproduzioni dei toni bassi anche con basso livello sonoro; consente cioè di attenuare la perdita dei toni bassi, caratteristica della posizione verso i livelli sonori più bassi.

La resistenza variabile del controllo di volume è in serie con una resistenza di 120 ohm. È a tale resistenza che è applicata la tensione audio retrocessa, e ciò tramite due resistenze di 2700 ohm e un condensatore di 47 mila picofarad. Una parte della tensione audio è applicata anche ai capi della resistenza del circuito compensatore, di 15 mila ohm.

Tutte le audiofrequenze risultano retrocesse e quindi attenuate. La distorsione determinata dalle due valvole indicate nello schema risulta applicata, in senso opposto, all'entrata. In tal modo la distorsione da parte dell'amplificatore è attenuata, in quanto il segnale audio è distorto esso pure, ma in senso opposto, come avviene nei circuiti in controfase con due valvole finali.

Semplice amplificatore audio con due valvole in controfase e reazione inversa.

Lo schema di amplificatore audio di fig. 8.13 è semplicissimo, tale da costituire una indicazione iniziale di ciò che può essere uno schema di questo tipo. Esso consente di riassumere quanto detto nelle pagine precedenti. Lo schema è basilare, non presenta nessuna particolarità; è però utile poichè illustra come risulta in pratica un amplificatore audio. Esso consente numerose varianti, per cui si può ritenere il punto di partenza di tutti gli schemi di amplificatori audio di media potenza.

Lo stadio finale comprende due pentodi in controfase, perciò la potenza di uscita è compresa tra 10 e 12 watt. L'amplificatore può venir usato anche con potenza minore, ad es. quella di 3 o 4 watt, adatta per una stanza di soggiorno; minore è la potenza utilizzata, minore è anche la distorsione, per cui, pur essendo semplicissimo, questo amplificatore può fornire ottime prestazioni, se usato a potenza ridotta.

Le due valvole finali devono essere precedute da due altre valvole, una per l'inversione di fase e l'altra per l'amplificazione di tensione del segnale audio. Le due finali in controfase non possono funzionare da sole. Per l'inversione di fase basta un triodo, per l'amplificazione di tensione è invece necessario un pentodo.

All'entrata della prima valvola, V_1, amplificatrice di tensione, vi è il controllo di volume RV_1. Al suo circuito di catodo è applicata la tensione di controreazione, proveniente dal secondario del trasformatore d'uscita, mediante cavetto schermato, per evitare induzione all'entrata della valvola. La controreazione è regolabile mediante una resistenza variabile RV_2, di 50 ohm.

Il triodo invertitore di fase è del tipo più comune, con due resistenze di carico di valore eguale (47 chiloohm) R_7 e R_9, poste una nel suo circuito di placca e l'altra in quello di catodo. In tal modo sono ottenuti due segnali audio eguali, ma di senso opposto, ossia in opposizione di fase; quando uno è positivo l'altro è negativo, e viceversa. Affinchè i due segnali giungano eguali alle griglie dei pentodi finali è necessario che anche i due condensatori di accoppiamento (C_4 e C_5) siano eguali, e che lo siano anche le due resistenze di griglia (R_{10} e R_{11}). Le quattro resistenze R_7 e R_9, nonchè R_{10} e R_{11} devono essere di precisione, ossia con tolleranza del 5 per cento.

Le due valvole finali hanno i catodi in comune; le loro placche sono collegate ai due capi del primario del trasformatore d'uscita; la presa al centro è collegata al circuito di alimentazione anodica, a 285 volt. Il secondario del trasformatore di uscita ha diverse prese, in modo da adeguarsi ai vari tipi di altoparlanti.

L'alimentazione anodica è ottenuta con una valvola raddrizzatrice, e un trasformatore di tensione; la tensione raddrizzata è prelevata dal catodo della valvola; essa viene livellata con il filtro costituito dalla resistenza R_{16} e dai condensatori elettrolitici C_7 e C_8.

L'amplificatore indicato può venir costruito a scopo didattico, utilizzando val-

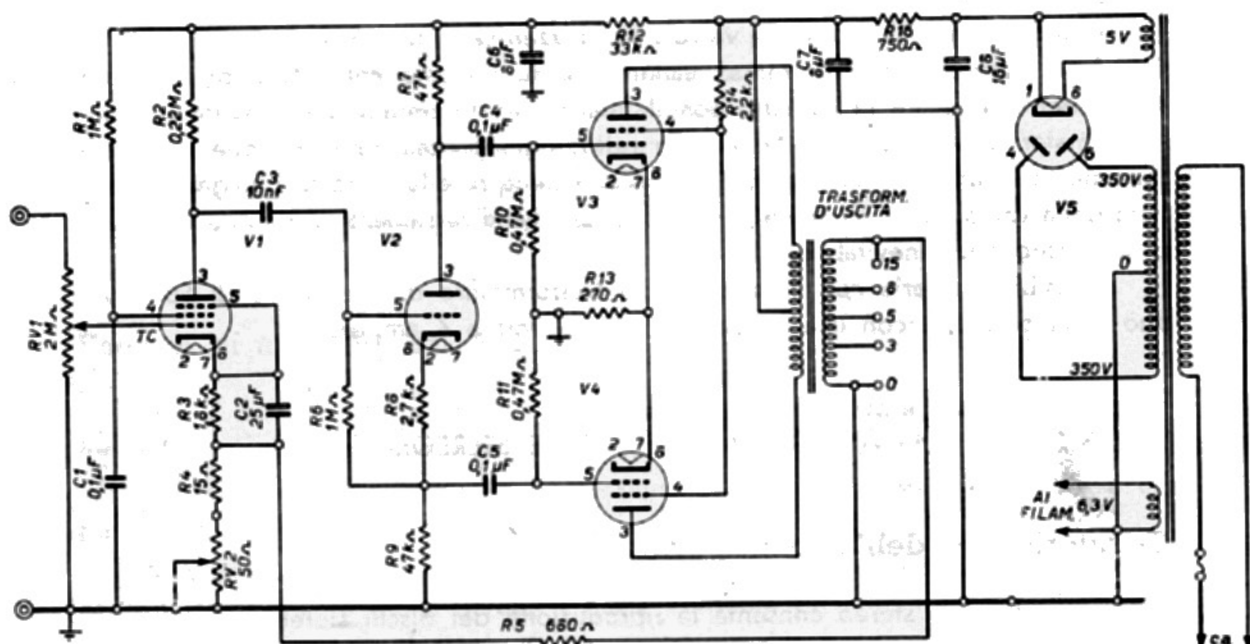


Fig. 8.13. – Schema di semplice amplificatore a due valvole finali in controfase.

vole di vecchio tipo, in disuso. Le finali possono essere due 6V6-GT oppure due 6AQ5-A, con le caratteristiche identiche; il triodo può essere un 6J5-GT, e l'amplificatore di tensione un pentodo 6J7-GT.

Nello schema è indicato un trasformatore di tensione con secondario AT di 350-0-350 volt, e due secondari BT uno da 5 volt e 3 ampere per il filamento della raddrizzatrice, ed un altro di 6,3 volt e 4 ampere per l'accensione delle altre quattro valvole. La tensione di 350 volt è necessaria affinchè quella di placca delle valvole finali risulti di circa 285 volt, data la caduta di tensione ai capi della resistenza R_{16}, di 750 ohm.

La corrente anodica assorbita è normalmente di 80 milliampere; ne risulta che la dissipazione di R_{16} è notevolmente elevata. È per questa ragione che nella maggior parte degli amplificatori al posto della resistenza R_{16} vi è un'impedenza di BF di 5 o 10 henry, adatta per 80 milliampere; la sua resistenza ohmmica risulta bas-

sissima, per cui si può adoperare un trasformatore di tensione più piccolo, con il secondario AT di 250-0-250 volt anzichè di 350-0-350 volt.

C'è un altro modo di evitare sia la resistenza R_{16} quanto l'impedenza BF, ambedue costose, e usare un trasformatore di tensione con secondario AT di 250-0-250 volt; esso consiste nel collegare la presa AT per le placche delle finali direttamente al catodo della raddrizzatrice; in tal modo la maggior parte della corrente anodica non passa attraverso il filtro di livellamento; per i pochi milliampere della corrente anodica è in tal caso sufficiente una resistenza R_{16} di 1,2 chiloohm e 1 watt.

Con lo schema indicato, la valvola raddrizzatrice è una 5Z4.

Tutti i collegamenti di massa vanno fatti su un solo conduttore di rame da 1 millimetro, il quale fa contatto con il telaio solo all'entrata del ricevitore. I due trasformatori devono trovarsi ad angolo retto; ogni precauzione possibile deve essere messa in atto per evitare che la tensione della rete-luce possa giungere all'entrata della valvola amplificatrice di tensione, poichè diversamente il rumore di ronzio è la conseguenza inevitabile.

Il fusibile in serie con il primario del trasformatore di tensione è di 500 mA; può venir sostituito con una lampadina da 6,3 volt e 4 ampere.

4. — L'AMPLIFICATORE STEREO.

Caratteristiche dell'amplificatore stereo.

L'amplificatore stereo consente la riproduzione dei dischi stereofonici, ai quali è stato accennato nel capitolo sesto. Nel solco di tali dischi vi sono due incisioni, al posto di una sola; la cartuccia del fonorivelatore è perciò provvista di due uscite. Ciascuna di tali uscite è collegata ad una delle due entrate dell'amplificatore stereo.

L'amplificatore stereo è essenzialmente un doppio amplificatore, con in comune il solo alimentatore anodico. È provvisto di due entrate, di due canali di amplificazione, e di due uscite.

È provvisto di doppi controlli di volume e di tono, comandati da una manopola, essendo disposti sopra lo stesso asse. La differenza saliente tra gli amplificatori mono (ossia gli usuali) e gli amplificatori stereo, è appunto rilevabile dalla presenza dei comandi di volume e di tono con doppi controlli, monocomandati.

Gli amplificatori stereo sono adatti anche per la riproduzione dei dischi convenzionali, ad una sola incisione nel solco, ossia dei dischi monofonici. In tal caso le loro entrate sono unite; i canali di amplificazione rimangono separati e così pure le loro uscite. Collegati in tal modo, funzionano, in pratica, come un amplificatore solo, con due altoparlanti.

Gli amplificatori stereo, in quanto doppi, non consentono realizzazioni molto accurate, di tipo ad alta fedeltà; sono in genere degli amplificatori di tipo modesto,

a bassa fedeltà. C'è anche qualche amplificatore stereo a buona riproduzione della gamma audio, ma costituisce solo un'eccezione.

Vi sono, inoltre, amplificatori stereo che non sono doppi, però funzionano con due valvole finali in controfase. In genere gli amplificatori stereo funzionano con due canali, ciascuno dei quali è provvisto di una sola valvola finale. Utilizzando due valvole finali in controfase ed un particolare circuito, è possibile amplificare i due canali mediante le stesse valvole finali in controfase, ossia adoperare una coppia sola di finali in controfase anzichè due coppie.

Amplificatori stereo di questo tipo sono però poco usati in pratica, in quanto richiedono appositi trasformatori d'uscita. Sono usati due trasformatori appositamente costruiti; uno di essi è detto *trasformatore di somma*, l'altro è detto *trasformatore di differenza*. Sono ambedue trasformatori d'uscita.

Amplificatori stereo di questo tipo sono detti *a due vie*. Ad essi è dedicato il capitolo decimo del Radiolibro 17ma edizione.

Esempi di amplificatori stereo.

La fig. 8.14 riporta lo schema di un semplice amplificatore stereo, adatto per fonovaligia. L'amplificazione è affidata a due sole valvole, due triodi-pentodi ECL82.

Ciascun canale di amplificazione funziona con un triodo preamplificatore e un pentodo finale, della stessa ECL82.

All'entrata è indicato il fonorivelatore stereo, a due elementi sensibili. Esso fa capo al commutatore mono-stereo, il quale consente di utilizzare anche fonorivelatori mono, ad un solo elemento. E ad una via e a due posizioni. In figura, è nella posizione stereo.

Seguono le due resistenze variabili con controllo di volume, R_1 e R_2, ciascuna di 1 megaohm. A loro volta sono seguite da altre due resistenze variabili, R_3 e R_4, di 0,5 megaohm, appartenenti al controllo di tono.

Le tensioni audio, provenienti simultaneamente dalle due uscite della cartuccia stereo, sono applicate alle griglie controllo dei due triodi. Le resistenze R_5 e R_9 sono le resistenze di griglia.

Ai circuiti di catodo dei due triodi è presente una tensione audio retrocessa dall'uscita, in reazione negativa, mediante le resistenze R_{17} e R_{18}, applicata ai capi delle resistenze R_7 e R_{10}, di 100 ohm ciascuna.

Le valvole finali sono due pentodi di potenza, delle due ECL82, ciascuna provvista del proprio trasformatore d'uscita, e collegata al proprio altoparlante.

La massima tensione anodica, ai capi di C_{12}, è di 215 volt; quella ai capi di C_{11} è di 190 volt. La tensione di catodo delle finali è di 15 volt; la tensione anodica dei triodi è di 90 volt, quella dei loro catodi è di 1,3 volt. Le resistenze sono tutte di un quarto di watt, ad eccezione di R_{15} - R_{16} e R_{19} - R_{20} che sono di un watt.

La resa d'uscita è di 2 watt per canale. Gli altoparlanti sono da 5 ohm d'impedenza, tipo, AD 3700 Z. I trasformatori d'uscita sono di tipo PK 506-28.

Le cartucce fonorivelatrici sono del tipo a cristallo, mod. AG 3063, con puntina di zaffiro da 18 micron.

I due altoparlanti vanno disposti distanti l'uno dall'altro. La distanza può essere

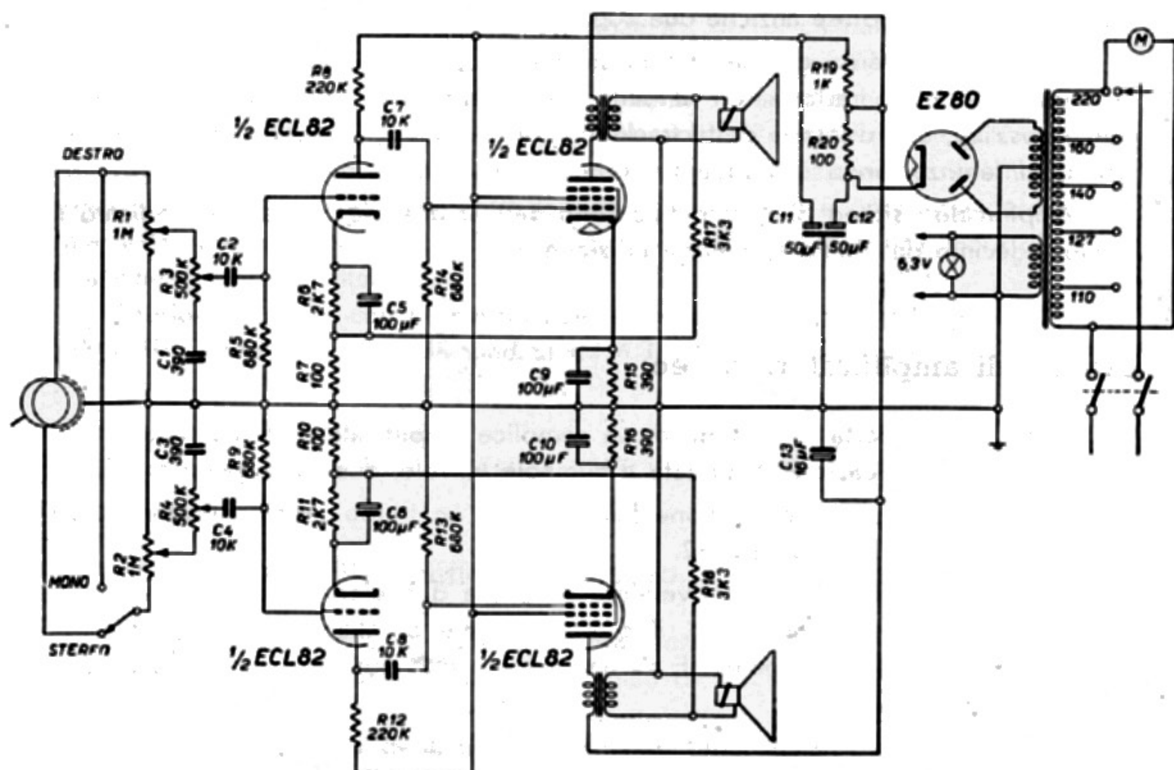


Fig. 8.14. – Schema di amplificatore a due canali per fonovaligia stereofonica.

compresa tra 3 e 4 metri, a seconda dell'ambiente. Vanno orientati in modo che il punto di intersecazione delle loro perpendicolari si trovi ad un metro circa dall'ascoltatore.

SECONDO ESEMPIO.

Un altro amplificatore stereo con due valvole amplificatrici ECL82, è quello di cui la fig. 8.15 riporta lo schema. Le valvole sono utilizzate come nell'esempio precedente, i triodi provvedono alla preamplificazione e i pentodi all'amplificazione finale.

I due controlli di volume, monocomandati, sono a doppia compensazione di tonalità, ossia di tipo fisiologico. I quattro circuiti compensatori sono costituiti da $C_1 - R_1$, $C_2 - R_2$ e $C_3 - R_3$ e $C_4 - R_4$. Essi assicurano la buona riproduzione delle frequenze basse anche a minimi livelli sonori.

Le resistenze variabili dei controlli di volume sono indicate con P_1 e P_{1a}. L'accoppiamento dei triodi con i rispettivi pentodi avviene tramite C_9 e C_{10}. In parallelo alle resistenze di griglia dei pentodi, R_9 e R_{10} vi sono i due controlli di tono, formati dalle resistenze variabili P_2 e P_{2a}, in serie con i condensatori fissi C_7 e C_8.

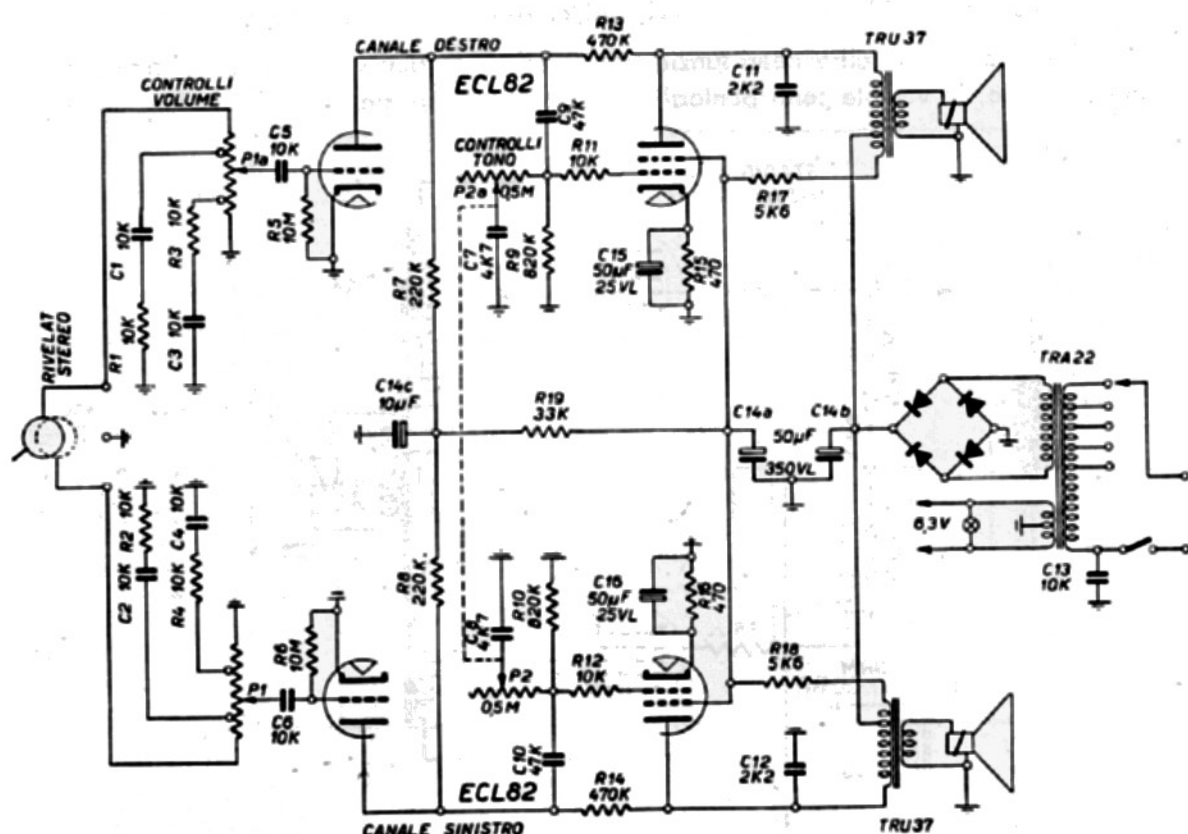


Fig. 8.15. - Schema di amplificatore stereo simile al precedente.

Le placche dei pentodi sono collegate a quelle dei triodi tramite le due resistenze R_{13} e R_{14}, le quali provvedono alla reazione negativa per l'attuazione della distorsione da parte delle valvole finali.

La resa d'uscita è di 2 watt per ciascun canale.

5. — L'AMPLIFICATORE AD ALTA FEDELTÀ.

Gli amplificatori ultralineari.

Gli ultralineari sono amplificatori ad alta fedeltà, in grado di amplificare uniformemente una vastissima gamma di frequenze audio. La parte lineare della loro curva di responso alle frequenze audio è molto più lunga di quella degli amplificatori convenzionali, da ciò il termine *ultralineari*. In genere si tratta di amplificatori di potenza elevata, da 20 watt ed oltre, adatti per grandi ambienti, come ad es. sale cinematografiche.

PRINCIPIO DEGLI AMPLIFICATORI ULTRALINEARI.

Gli amplificatori ultralineari funzionano sempre con due valvole finali di potenza, in controfase; le valvole sono pentodi, ma esse sono disposte in modo da funzionare

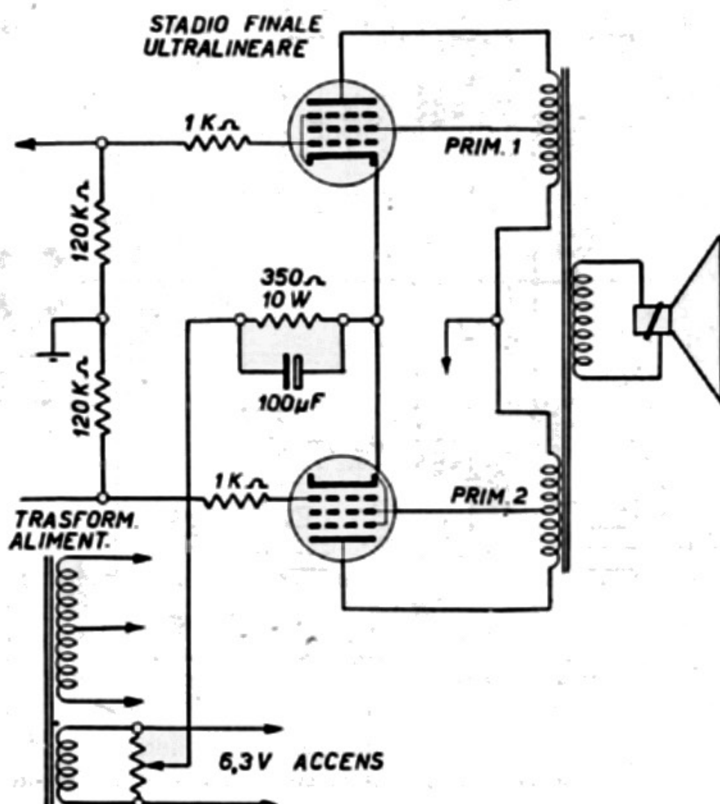


Fig. 8.16. - Stadio finale di tipo ultralineare.

anche come triodi. Le finali degli ultralineari pur essendo pentodi, funzionano come se fossero triodi, senza però essere dei triodi, in quanto la loro griglia schermo non è collegata alla placca.

La griglia schermo dei pentodi finali è collegata ad una appropriata presa

dell'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita, come indica la fig. 8.16. In tal modo, la stessa tensione di placca viene applicata anche alle griglie schermo. La presa al primario è importante, in quanto dalla sua posizione dipende il funzionamento dello stadio ultralineare. Se la presa è molto vicina alla placca, le finali funzionano quasi da triodi; se invece è vicina alla presa al centro, funzionano quasi esclusivamente da pentodi.

In teoria, la presa per le griglie schermo deve trovarsi ad un punto tale che l'impedenza dell'avvolgimento sia del 18,5 per cento, rispetto l'impedenza di ciascun primario, misurata dalla presa centrale. In pratica, la presa può venir fatta in punti compresi tra il 20 e il 40 per cento. Più alta è la percentuale, più bassa è la distorsione, ma più alta è anche la diminuizione di guadagno.

Con il 18,5 per cento, la distorsione risulta molto ridotta con minima riduzione

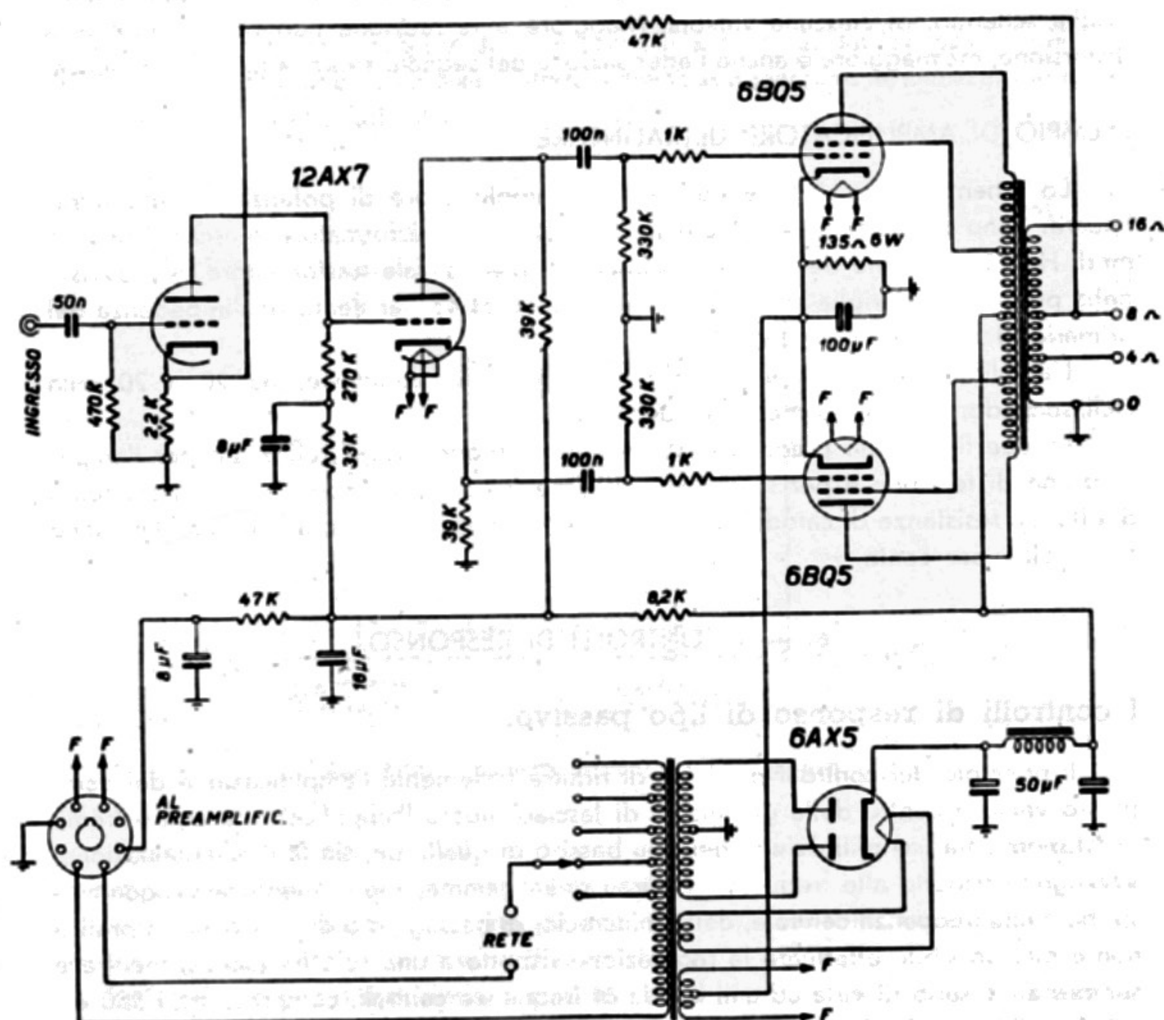


Fig. 8.17. - Esempio di unità di potenza con stadio finale di tipo ultralineare.

della resa d'uscita. Tale minima riduzione è però relativa, in quanto si tratta, in media, del 35 per cento.

A seconda della presa per le griglie schermo, varia l'impedenza dell'avvolgimento primario, e quindi il numero di spire e il loro rapporto; ne consegue che sono necessari appositi trasformatori d'uscita. Questo è il secondo inconveniente degli amplificatori ultralineari; il primo è quello della riduzione della resa d'uscita.

La fig. 8.16 indica uno stadio d'uscita ultralineare. Il primario del trasformatore d'uscita è provvisto di due prese in più per le griglie schermo delle valvole.

I catodi delle due valvole hanno una resistenza in comune, collegata al cursore della resistenza semifissa posta ai capi dell'avvolgimento di accensione, per attenuare il ronzio.

La maggiore linearità e la maggiore fedeltà, ottenibili con uno stadio di questo tipo, è conseguenza della reazione negativa tra il circuito di placca e quello della griglia schermo, di ciascuna valvola. Maggiore è la reazione negativa, minore è la distorsione, ma maggiore è anche l'attenuazione del segnale audio, a tutte le frequenze.

ESEMPIO DI AMPLIFICATORE ULTRALINEARE.

Lo schema di fig. 8.17 è quello di un amplificatore di potenza, di tipo ultralineare. Sono utilizzate due valvole finali 6BQ5, con trasformatore d'uscita Trusound mod. H-245. Ciascuno dei due avvolgimenti primari di tale trasformatore, è provvisto della presa per la griglia schermo. Le prese sono al 43 per cento dell'impedenza del primario. Il rapporto è da 35 a 1.

L'amplificatore consente una risposta alle varie frequenze, da 20 a 20 mila cicli/secondo, con più o meno un decibel.

Le due finali sono precedute da un doppio triodo 12AX7, utilizzato per l'amplificazione di tensione e per l'inversione di fase. I due triodi sono ad accoppiamento diretto. Le resistenze di catodo e di placca del triodo invertitore, di 39 mila ohm, sono tarate all'1 per cento.

6. — I CONTROLLI DI RESPONSO.

I controlli di responso di tipo passivo.

Il principio dei controlli passivi è di ridurre fortemente l'amplificazione del complesso verso il centro della gamma, e di lasciare libera l'amplificazione agli estremi. In tal modo, sia l'amplificazione dei toni bassi o di quelli alti, sia la loro attenuazione, avvengono rispetto alle frequenze centrali della gamma; teoricamente avvengono rispetto a una frequenza centrale, detta d'incrocio, di passaggio o di crossover. In pratica non è mai possibile effettuare la regolazione rispetto a una sola frequenza, mentre è sempre necessario riferirla ad una banda di frequenze centrali, compresa tra i 500 e i 1 000 cicli/secondo.

Riducendo l'amplificazione della banda delle frequenze centrali si ottiene

una notevole perdita nella resa d'uscita, ma ciò non ha importanza poichè è facile ottenere rese d'uscita notevoli, con le valvole attuali. S'intende che questo procedimento è utilizzabile solo con complessi sonori di classe, ad alta fedeltà, e non con complessi modesti. Non potrebbe venir utilizzato, ad es. in un piccolo amplificatore ad una valvola, per fonovaligia. È necessario che il complesso disponga di notevole potenza, e che una parte notevole di tale potenza possa venir sacrificata allo scopo di consentire il rinforzo effettivo delle frequenze ai due estremi della gamma.

Come detto, i due controlli di tonalità agiscono da controlli manuali di volume; sicchè i complessi che ne sono provvisti sono in realtà dotati di tre controlli di volume: uno per i toni bassi, uno per le frequenze centrali (il controllo di volume vero e proprio), e uno per i toni alti.

ESEMPIO DI CONTROLLI BASSI E ALTI, DI TIPO PASSIVO.

La fig. 8.18 riporta lo schema dei due controlli di tonalità, dei toni bassi e dei toni alti, nonchè del controllo di volume. Questo schema è generalmente utilizzato in quasi tutti i complessi ad alta fedeltà.

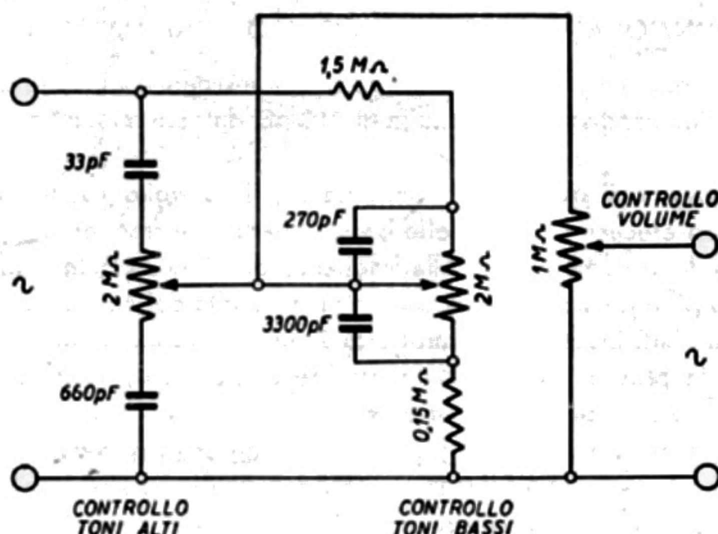


Fig. 8.18. – Schema di controlli di responso.

Il controllo toni alti è costituito da una resistenza variabile logaritmica con in serie due condensatori fissi, uno per ciascun lato.

Il controllo toni bassi è formato da una resistenza variabile logaritmica con in parallelo due condensatori, e in serie due resistenze.

Per effetto di tale disposizione, il controllo toni alti agisce soltanto sulle frequenze alte, come controllo di volume; e il controllo toni bassi agisce soltanto sulle frequenze basse, come controllo di volume.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI ALTI.

Il controllo toni alti consiste della resistenza variabile di 2 megaohm, in serie con un condensatore di 33 pF da un lato, e di un condensatore di 660 pF dall'altro. Esso funziona soltanto in presenza delle frequenze alte della gamma; per le frequenze basse è praticamente inesistente.

Infatti, alla frequenza di 100 c/s, la reattanza del condensatore di 33 pF è di circa 50 megaohm, mentre quella del condensatore di 660 pF è di circa 2,5 megaohm. Posto tra due resistenze di valore così elevato, il controllo non risulta attivo. Consente una minima variazione, ma essa è praticamente trascurabile.

Alla frequenza di centrobanda, di 1000 c/s, il controllo si trova tra una resistenza di 5 megaohm da un lato, e una di 0,25 megaohm dall'altro lato. Essendo il valore del controllo di 2 megaohm, esso consente una modesta regolazione.

L'azione del controllo risulta ottima, pienamene efficiente alle frequenze più alte. Infatti, a 10000 c/s le reattanze dei due condensatori fissi risultano di 0,5 megaohm da un lato e di 0.025 megaohm dall'altro lato. Essendo il controllo di 2 megaohm, esso agisce esattamente come un controllo di volume, poichè la maggior parte della tensione a 10000 c/s è presente ai suoi capi.

PRINCIPIO DI FUNZIONAMENTO DEL CONTROLLO TONI BASSI.

Il controllo toni bassi di fig. 8.18 consiste di una resistenza variabile di 2 megaohm, in parallelo con due condensatori fissi, uno di 270 pF, dal lato alto, e l'altro di 3 300 pF, dal lato basso.

Data la presenza di questi due condensatori, il controllo risulta paralizzato alle frequenze alte, ed efficace solo a quelle basse. Infatti, alle frequenze alte, il controllo risulta praticamente in cortocircuito. Alla frequenza di 10 mila pF, la reattanza del condensatore di 270 pF è di circa 60 mila ohm, mentre quella del condensatore di 3300 pF è di circa 4 mila ohm. Essendo il controllo di 2 megaohm, il suo valore risulta ridotto fortemente, per la presenza delle due reattanze in parallelo; si comporta all'incirca come se il suo valore fosse di 50 mila ohm.

Tale controllo di 50 mila ohm si trova in serie con una resistenza di 1,5 megaohm da un lato, e con una resistenza di 0,15 megaohm dall'altro. La tensione a 10 mila c/s è presente ai capi delle tre resistenze in serie; ai capi del controllo di 50 mila ohm essa è ridottissima, quindi il controllo è inefficiente.

Al lato opposto della gamma, ossia a 100 c/s, avviene l'inverso. La reattanza del condensatore di 270 pF risulta di circa 6 megaohm, e quella del condensatore di 3300 pF di circa 0,4 megaohm. Il controllo si comporta come se avesse una resistenza di circa 1,5 megaohm. Poichè si trova tra una resistenza fissa di 1,5 megaohm e l'altra di 0,15 megaohm, quasi metà della tensione a 100 c/s è presente ai suoi capi, quindi esso consente un'ampia regolazione.

L'ampiezza della regolazione, ossia la dinamica del controllo, dipende dai valori delle due resistenze fisse e dei due condensatori fissi. Con valori come quelli indicati, si ottiene una regolazione fortemente accentuata verso le frequenze più basse, sotto

i 500 c/s. Elevando i valori dei due condensatori fissi, rispettivamente a 2000 ed a 20 000 pF, ad esempio, il controllo risulta efficiente anche alle frequenze meno basse, dai 1000 c/s in giù. In questo caso però l'azione è meno « ripida ».

S'intende che il valore dei condensatori e delle resistenze fisse dipende anche da quello del controllo. In genere si utilizzano controlli di 1 megaohm o di 2 megaohm.

IL CONTROLLO DI VOLUME.

Quando sono usati i controlli di responso di tipo passivo, il controllo di volume viene collegato come indica la stessa fig. 8.18. La resistenza del controllo di volume si trova, in tal caso tra i due cursori dei controlli di tonalità e massa.

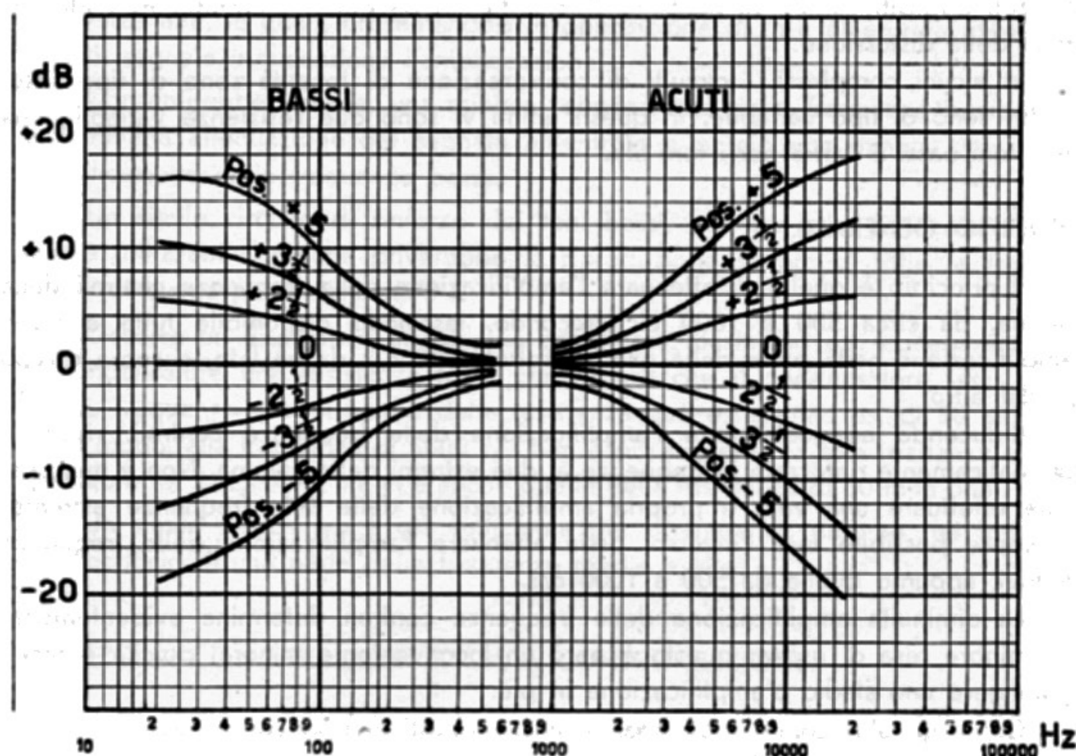


Fig. 8.19.

CURVA DI RESPONSO DEI CONTROLLI TONI BASSI E ALTI.

La fig. 8.19 illustra le curve di responso dei controlli toni bassi e toni alti, di tipo passivo, di un complesso ad alta fedeltà, rispetto alle frequenze centrali, comprese tra 500 e 1000 c/s.

Le curve indicano quale sia il rinforzo e quale sia l'attenuazione alle varie frequenze, determinata dai due controlli. Come si può notare, l'azione dei due controlli risulta efficace nei tratti da 20 a 300 cicli/secondo da un lato; e da 2 000 a 20 000 cicli/secondo dall'altro lato. Gli effetti massimi si ottengono solo agli estremi.

Le curve indicate a sinistra si riferiscono a sette diverse posizioni della manopola del controllo toni bassi. Quelle indicate a destra si riferiscono ad altrettante posizioni della manopola del controllo toni alti.

Controlli di responso a controreazione.

La controreazione, o reazione inversa, è ampiamente utilizzata nella maggior parte dei complessi amplificatori per attenuare la distorsione conseguente all'amplificazione. Essa può venir utilmente utilizzata anche per rinforzare i toni bassi e i toni alti, ossia per sostenere gli estremi della curva caratteristica di responso. Vengono utilizzati appositi circuiti di controreazione, diversi da quelli utilizzati per l'attenuazione della distorsione.

In alcuni complessi, i circuiti di controreazione di tonalità sono di tipo fisso, in altri sono di tipo variabile. In questi ultimi vi sono due resistenze variabili, una per i toni bassi e l'altra per i toni alti.

PRINCIPIO GENERALE.

Il principio è quello di attenuare l'amplificazione delle frequenze centrali della gamma, da circa 500 a 1000 cicli/secondo, lasciando disponibile tutta o quasi l'amplificazione nella parte della gamma sotto i 500 c/s da un lato, e sopra i 1000 c/s dall'altro.

Riducendo adeguatamente l'amplificazione delle frequenze centrali, risultano automaticamente rinforzate le frequenze ai due estremi della gamma. Non è mai possibile effettuare una vera e propria amplificazione delle sole frequenze estreme; è sempre possibile fare l'inverso, ossia attenuare l'amplificazione delle frequenze centrali, appunto quelle da 500 a 1000 c/s.

La diminuita amplificazione delle frequenze centrali determina evidentemente una minore resa di uscita; questo è però un inconveniente minore, poichè è facile aggiungere uno stadio d'amplificazione in più.

Come gli altri controlli di tonalità, anche questi di tipo controreazionato, sono adatti solo per complessi con adeguato numero di valvole; non si prestano per piccoli amplificatori.

I controlli di responso a controreazione presentano due inconvenienti, oltre quello della minor amplificazione, inevitabile:

a) non consentono un'ampia regolazione di tonalità, particolarmente per le frequenze elevate; sono abbastanza bene adatti solo per le frequenze basse;

b) possono causare instabilità di funzionamento.

Per queste due ragioni, questo tipo di controllo è poco utilizzato nei complessi di produzione nazionale; è piuttosto largamente utilizzato nei complessi di produzione tedesca.

RETROCESSIONE DI FREQUENZE.

Il sistema più semplice di rinforzo con controreazione consiste nel collegare un condensatore fisso tra l'uscita e l'entrata dell'amplificatore. Tale condensatore provvederebbe da solo ad attenuare tutte le frequenze alte e medie, lasciando pressochè inalterate le frequenze basse. Funzionerebbe da dispositivo di rinforzo dei toni bassi.

Qualora la sua capacità fosse di 15 mila pF, la sua reattanza a 5000 c/s sarebbe di appena 2123 ohm, mentre quella a 1000 c/s sarebbe di circa 10 mila ohm, e quella a 50 c/s di 212 mila ohm. Rispetto alle varie frequenze, esso si comporterebbe come una resistenza variabile a controllo automatico, minima alle frequenze alte, massima allle frequenze basse. Esso consentirebbe una notevole retrocessione delle frequenze alte, le quali, presentandosi in opposizione di fase all'entrata, diminuirebbero il segnale, riducendone l'amplificazione.

Consentirebbe, invece, una minima retrocessione delle frequenze basse, quindi una minima attenuazione del segnale all'entrata e perciò una minima riduzione di amplificazione delle frequenze basse.

Un simile circuito di rinforzo dei toni bassi, con un solo condensatore fisso, non è utilizzabile, poichè priverebbe la riproduzione sonora di tutte le frequenze alte e di buona parte delle medie.

Occorre un dispositivo un po' più complesso. Basta, ad es., collegare in serie al condensatore una resistenza fissa, per evitare che il condensatore lasci passare troppe frequenze alte. Il valore della resistenza può essere, ad es. di 50 mila ohm. In tal modo, alla frequenza di 5000 c/s non è più presente la sola reattanza del condensatore, di 2123 ohm, ma vi è anche quella della resistenza di 50 mila ohm.

Un simile dispositivo è già sufficiente per ottenere un rinforzo dei toni bassi, con sacrificio di una parte delle frequenze medie e alte.

ESEMPIO DI CONTROLLO DEI BASSI, A CONTROREAZIONE.

La fig. 8.20 riporta lo schema di un controllo dei toni bassi, inserito in circuito a controreazione, diverso da quello utilizzato per l'attenuazione della distorsione.

Il condensatore di passaggio è di 5 mila pF, se fosse utilizzato da solo, esso eliminerebbe tutte le frequenze alte e medie dalla riproduzione sonora, nonchè buona parte delle frequenze basse. È però posto in parallelo con una resistenza variabile di 1 megaohm, a variazione logaritmica, e in serie con una resistenza fissa di 47 mila ohm; è quest'ultima che limita la retrocessione troppo cospicua delle frequenze alte e medie.

La resistenza variabile da 1 megaohm costituisce il controllo dei toni bassi. Quella per il controllo dei toni alti è invece posta nel circuito del controllo di volume. Consiste di una resistenza di 0,5 megaohm in serie con un condensatore di 2000 pF da un lato, e con uno di 30 mila pF dall'altro.

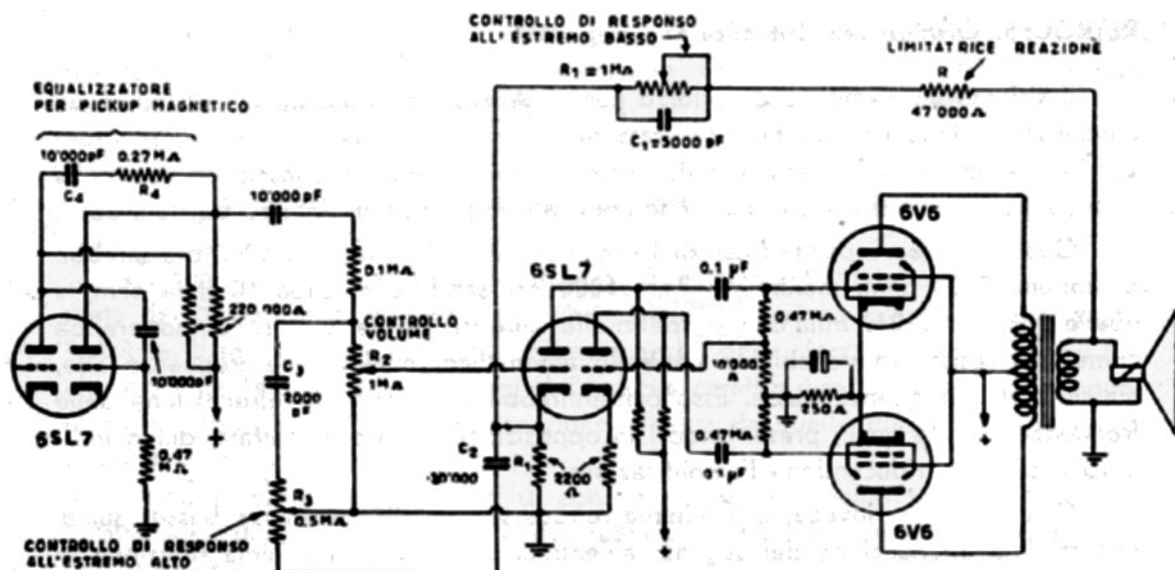


Fig. 8.20. - Controlli di responso ai toni bassi ed ai toni alti, a reazione inversa, bene adatti per radiofonografo da 12 watt, per stanza di soggiorno.

Controlli di responso a controreazione positiva e negativa.

I controlli di responso inseriti in circuiti a controreazione possono risultare, a volte, notevolmente complessi. Il principio è quello indicato nella pagina precedente: retrocedere una parte delle frequenze in modo da attenuarle, allo scopo di rinforzare altre frequenze, quelle agli estremi della gamma.

La fig. 8.21 offre un esempio di due circuiti di rinforzo, uno dei toni bassi e l'altro dei toni alti, in circuito controreazionato. La tensione di controreazione è prelevata dai capi del secondario del trasformatore d'uscita, e applicata all'entrata della valvola preamplificatrice. L'amplificatore è a due sole valvole, la preamplificatrice e la finale.

I due circuiti di rinforzo sono in serie e costituiscono due « filtri ». Il *filtro alti* consiste di due resistenze di 2700 ohm in serie, e di due condensatori, uno di 5000 pF e l'altro di 50 mila pF. Il *filtro bassi* consiste di due condensatori in serie, di 0,1 microfarad ciascuno, nonchè di due resistenze, una di 100 mila ohm, e l'altra di 2,7 mila ohm.

I due filtri consentono il rinforzo massimo alle frequenze rispettive di 3700 c/s e di 100 c/s.

La tensione retrocessa è controllata mediante una resistenza variabile di 1 megaohm, logaritmica. Poichè agisce simultaneamente sui due filtri, non è nè un controllo dei bassi nè un controllo degli alti; viene perciò detta *controllo dei toni medi.* Con circuiti in controreazione non è facile ottenere l'accurata regolazione di tonalità, a meno che non si ricorra a dispositivi assai complessi.

Per il controllo dei toni alti (acuti) è necessario un altro circuito, di tipo usuale, posto all'entrata dell'amplificatore, e formato da una resistenza di 500 mila ohm in serie con un condensatore di 5 nanofarad; diversamente non sarebbe possibile regolare il rinforzo dei toni alti.

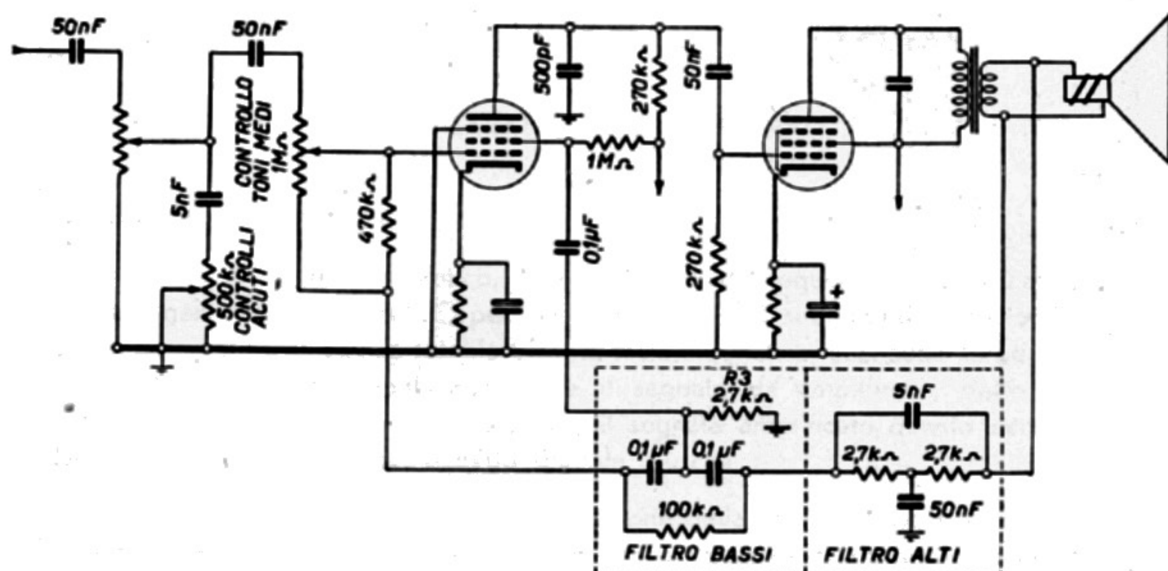


Fig. 8.21. - Schema di controlli di responso in circuito controreazionato.

Una possibilità di regolare il rinforzo dei toni alti è data dalla sostituzione del condensatore di 50 nanofarad, del filtro alti, con condensatori di altro valore. Si possono utilizzare tre condensatori al posto di uno solo, per es. uno di 10 nF, uno di 50 nF e uno di 100 nF. Con tre tasti è ottenibile un variatore di tonalità degli alti.

CAPITOLO NONO

ESEMPI DI AMPLIFICATORI A VALVOLE

1. — CARATTERISTICHE GENERALI.

Guadagno e potenza.

SEGNALE. — Nell'uso pratico, le correnti ad audiofrequenza sono indicate con il termine generico di SEGNALE, per cui il microfono, il sintonizzatore-radio, il rivelatore fonografico, la cellula fotoelettrica, la testa magnetica, ecc. sono *sorgenti di segnale*. All'entrata dell'amplificatore vi è il segnale da amplificare, detto *segnale d'entrata*; all'uscita dell'amplificatore vi è il segnale amplificato quanto occorre per far funzionare l'altoparlante; è detto *segnale d'uscita*.

GUADAGNO. — La massima amplificazione della quale è capace l'amplificatore è detta GUADAGNO; vi sono amplificatori a basso guadagno, altri a medio guadagno e altri ad alto guadagno. Il guadagno dipende dal numero delle valvole elettroniche amplificatrici presenti nell'amplificatore, ossia dagli *stadi d'amplificazione*. Se, ad es., l'amplificatore è di 30 : 0,001 = 30 000 volte. Gli amplificatori a basso guadagno consentono amplificazioni complessive di qualche decina o di qualche centinaio di volte; quelli a medio guadagno consentono amplificazioni di migliaia e decine di migliaia di volte; quelli ad alto guadagno, infine, consentono amplificazioni di 100 000, 200 000 e più volte.

POTENZA. — L'amplificatore può essere di piccola POTENZA, adatto per far funzionare un solo altoparlante di piccolo diametro, oppure di media, di grande o di grandissima potenza, adatto per far funzionare decine o centinaia di altoparlanti.

GUADAGNO E POTENZA DELL'AMPLIFICATORE. — Non vi è relazione diretta tra il guadagno e la potenza dell'amplificatore. Il guadagno che deve avere l'amplificatore dipende dal segnale alla sua entrata, il quale può essere alto se perviene da ricevitore radio o da rivelatore fonografico, oppure può essere basso o bassissimo se perviene da microfono. Il segnale proveniente da rivelatore fonografico può essere di 3 volt, quello proveniente da microfono di alta classe può essere di 3 millivolt; affinchè con il microfono si ottenga la stessa resa d'uscita ottenibile con il rivelatore fonografico è necessario che il guadagno possa essere mille volte maggiore. È per questa ragione che gli amplificatori sono provvisti di due entrate: *l'entrata ad alto guadagno* per microfono, e *l'entrata a basso guadagno* per il rivelatore fonografico o il sintonizzatore radio.

I radiofonografi sono, in genere, provvisti della sola entrata a basso guadagno, di circa 200 volte; sono amplificatori a basso guadagno ed a bassa potenza.

A parità del segnale d'entrata, il guadagno deve essere tanto maggiore quanto maggiore è la potenza d'uscita, per il fatto che maggiore è la potenza dello stadio finale, maggiore deve essere anche la tensione del segnale alla sua entrata. Se, ad es., un amplificatore funzionante con rivelatore fonografico fornisce la resa d'uscita di 6 watt con guadagno di 200 volte, un altro amplificatore funzionante con lo stesso tipo di rivelatore fonografico, fornirà la potenza di 60 watt con guadagno di circa 500 volte.

Sono amplificatori ad altissimo guadagno quelli funzionanti con microfoni di alta classe; sono usati nelle stazioni radiofoniche e nei laboratori d'incisione fonografica. Maggiore è il guadagno dell'amplificatore più difficile è la sua costruzione, dato che richiede molta cura, e più difficile è anche il suo uso. Per queste ragioni, il guadagno dell'amplificatore non deve mai essere superiore a quello strettamente necessario.

Potenza necessaria dell'amplificatore.

La potenza dell'amplificatore dipende da molti fattori, tra i quali in primo luogo il *volume dell'ambiente*; quello di una stanza di soggiorno può essere di $6 \times 5 \times 3{,}2 = 96$ metri cubi; quello di una vasta sala da ballo può essere di $20 \times 10 \times 6 = 1200$ metri cubi. Dipende inoltre dal *livello sonoro* che si vuol ottenere; in una stanza di soggiorno non è gradevole un alto livello sonoro, necessario invece in un altro ambiente. Dipende pure dal *livello di rumorosità* che si deve superare, che può essere assai diverso da un ambiente all'altro; in una sala cinematografica, durante la proiezione, il livello di rumorosità è basso, mentre è alto in una sala da ballo, ed è altissimo in una fabbrica in cui funzionino numerose macchine utensili.

Altri fattori determinanti la potenza necessaria dell'amplificatore sono: *a*) la riverberazione dell'ambiente; *b*) il rendimento degli altoparlanti; *c*) il genere di riproduzione sonora, essendo necessaria maggior potenza qualora non si tratti di riprodurre solo voci, ma anche musica; *d*) la qualità della riproduzione musicale, poichè più alta è la qualità della riproduzione, minore deve essere la potenza prelevata dall'amplificatore, dato che alla massima resa corrisponde anche la massima distorsione.

La potenza dell'amplificatore viene indicata in watt (W); può essere piccolissima, inferiore ad 1 watt, piccola da 1 a 10 watt, media da 10 a 50 watt, grande da 50 a 100 watt e grandissima da 100 a 300 watt.

La *potenza necessaria* è da 1 a 2 watt se l'amplificatore e l'altoparlante vengono fatti funzionare in una stanzetta; da 4 a 8 watt per una stanza di soggiorno normale; da 8 a 15 watt per una sala da ballo, o un piccolo cinema; da 15 a 30 watt per un cinema di media capacità o per una chiesa; da 30 a 60 watt per un grande cinema-teatro; da 60 a 100 watt per un campo sportivo; da 100 a 300 watt per una grande piazza gremita di gente.

LA RIVERBERAZIONE. — È indicata dal *tempo di riverberazione* detto anche *tempo di rimbombo* in secondi, necessario affinchè il suono venga attenuato alla milionesima parte dell'intensità iniziale. Una vasta sala da ballo vuota assorbe poco i suoni in essa prodotti, mentre una stanza con pesanti tendaggi, soffici tappeti, poltrone e mobili, assorbe il suono molto più rapidamente. Per ciascun ambiente esiste un tempo ottimo di riverberazione, indicato dalla fig. 9.1. Qualora sia eccessivo, come può risultare in sale cinematografiche, viene ridotto con pannelli di materiale assorbente posti lungo le pareti e sul soffitto; esso varia notevolmente con il numero delle persone presenti nell'ambiente.

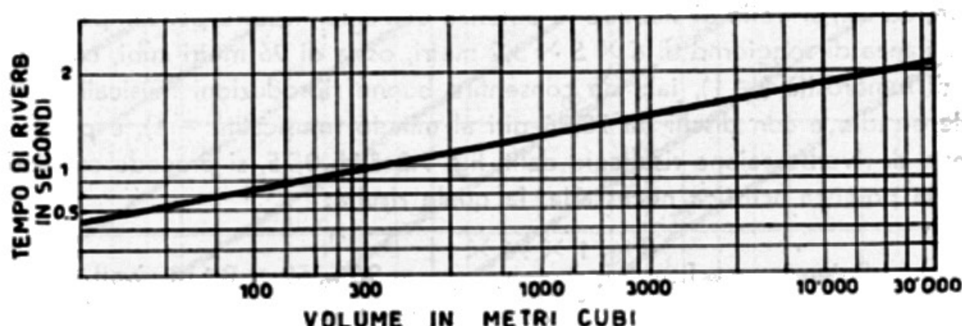


Fig. 9.1. - Come varia il tempo ottimo di riverberazione con il volume dell'ambiente.

RENDIMENTO DEGLI ALTOPARLANTI. — È assai basso; quello dei piccoli altoparlanti magnetodinamici è dell'ordine del 2,5%, quello degli altoparlanti di media potenza raggiunge il 5%, e quello degli altoparlanti a cono di grande potenza arriva sino al 7,5%; gli altoparlanti a tromba sono più efficienti, il loro rendimento è compreso tra il 30 ed il 40%. Così, ad es., un amplificatore di 24 watt provvisto di altoparlanti a tromba, con il 40% di rendimento, determina lo stesso livello sonoro di un amplificatore di 320 watt provvisto di comuni altoparlanti a cono diffusore, con rendimento del 3%.

POTENZA ACUSTICA NECESSARIA. — Dato che il rendimento varia molto da un tipo all'altro di altoparlante, per poter determinare approssimativamente la potenza necessaria dell'amplificatore, si suole calcolare la *potenza acustica necessaria*, esprimendola in watt. Essa tiene conto di tutti i fattori ai quali è stato accennato, meno il rendimento dell'altoparlante. Risulta dalla seguente formula pratica:

$$\text{Potenza acustica in watt} = \frac{\text{Rumorosità} \times \text{Volume in m}^3 \times \text{Musicalità}}{\text{Tempo di riverberazione in secondi} \times 1000}$$

nella quale la rumorosità è indicata con 1 per ambienti poco rumorosi, quale può essere una stanza di soggiorno, con 2 per ambienti di media rumorosità, ad es., una sala da ballo, e con 3 per ambienti molto rumorosi, ad es. una fabbrica o una stazione ferroviaria a grande traffico; nella stessa formula la musicalità è indicata con

0,5 quando si tratta di sola voce, con 1 quando si tratta di buone riproduzioni musicali e con 2 quando le stesse sono di alta classe (dischi a microsolco) o si tratti di « musica viva », come ad es. nel caso di impianto ripetitore di orchestra da un salone all'altro di un transatlantico.

POTENZA ELETTRICA DELL'AMPLIFICATORE. — Conosciuta la potenza acustica, la potenza elettrica dell'amplificatore si ottiene come segue:

$$\text{Potenza elettrica in watt} = \frac{\text{Potenza acustica in watt}}{\text{Rendimento dell'altoparlante in percento}}$$

Se, ad es., si tratta di stabilire la potenza dell'amplificatore per l'impianto sonoro in una stanza di soggiorno di 6 × 5 × 3,2 metri, ossia di 96 metri cubi, con basso livello di rumorosità (= 1), tale da consentire buone riproduzioni musicali con sintonizzatore-radio e con dischi da 78,26 giri al minuto (musicalità = 1), e per la quale il tempo di riverberazione risultante dalla fig. 9.2 è di 0,75, si procede cercando anzitutto la potenza acustica necessaria, la quale risulta:

$$\text{Potenza acustica} = \frac{1 \times 96 \times 1}{0{,}75 \times 1000} = 96 : 750 = 0{,}128 \ \text{watt}$$

Poichè la potenza elettrica dell'amplificatore risulta dalla potenza acustica divisa per il rendimento dell'altoparlante, supponendo che si tratti di altoparlante con rendimento del 3%, si ottiene 0,128 : 0,03 = 3,84 watt.

Questo risultato non ha che valore indicativo; i costruttori non indicano quale sia il rendimento degli altoparlanti di loro produzione; la misura del rendimento di un altoparlante è complessa e richiede apparecchiature apposite; quindi occorre procedere per supposizioni. Inoltre, anche conoscendo esattamente il rendimento dell'altoparlante, non serve a nulla sapere che la potenza dell'amplificatore deve essere di 3,84 watt, poichè in pratica non è opportuno costituire un amplificatore della esatta potenza di 3,84 watt; nel caso di una stanza di soggiorno si utilizza un amplificatore da 4 watt, con una valvola finale 6V6 a tensione di placca e di schermo di 250 V, se si tratta di impianto economico, oppure un amplificatore da 8 watt, con due 6V6 finali in controfase, a tensione di placca e di schermo di 220 V, se si tratta di impianto normale, o infine un amplificatore da 12 watt, con due triodi finali 2A3 a 300 V di placca, se si tratta di impianto di alta classe.

Con l'uno o con l'altro dei tre amplificatori il livello sonoro nella stanza di soggiorno sarà all'incirca lo stesso; con l'amplificatore da 4 watt verrà utilizzata l'intera potenza, con alta distorsione, dall'8% al 10%; con gli amplificatori da 8 o da 12 watt verrà usata solo una frazione della potenza totale, con distorsione minima. È ciò che avviene per le automobili, per le quali tanto maggiore è la loro classe tanto più alta è la riserva di potenza.

La fig. 9.2 riporta un nomógramma con il quale è facile avere un'idea approssimativa della potenza elettrica necessaria nei casi più gravi. Per conoscere, ad es., la potenza dell'amplificatore necessario per produrre il livello sonoro di 80 dB in am-

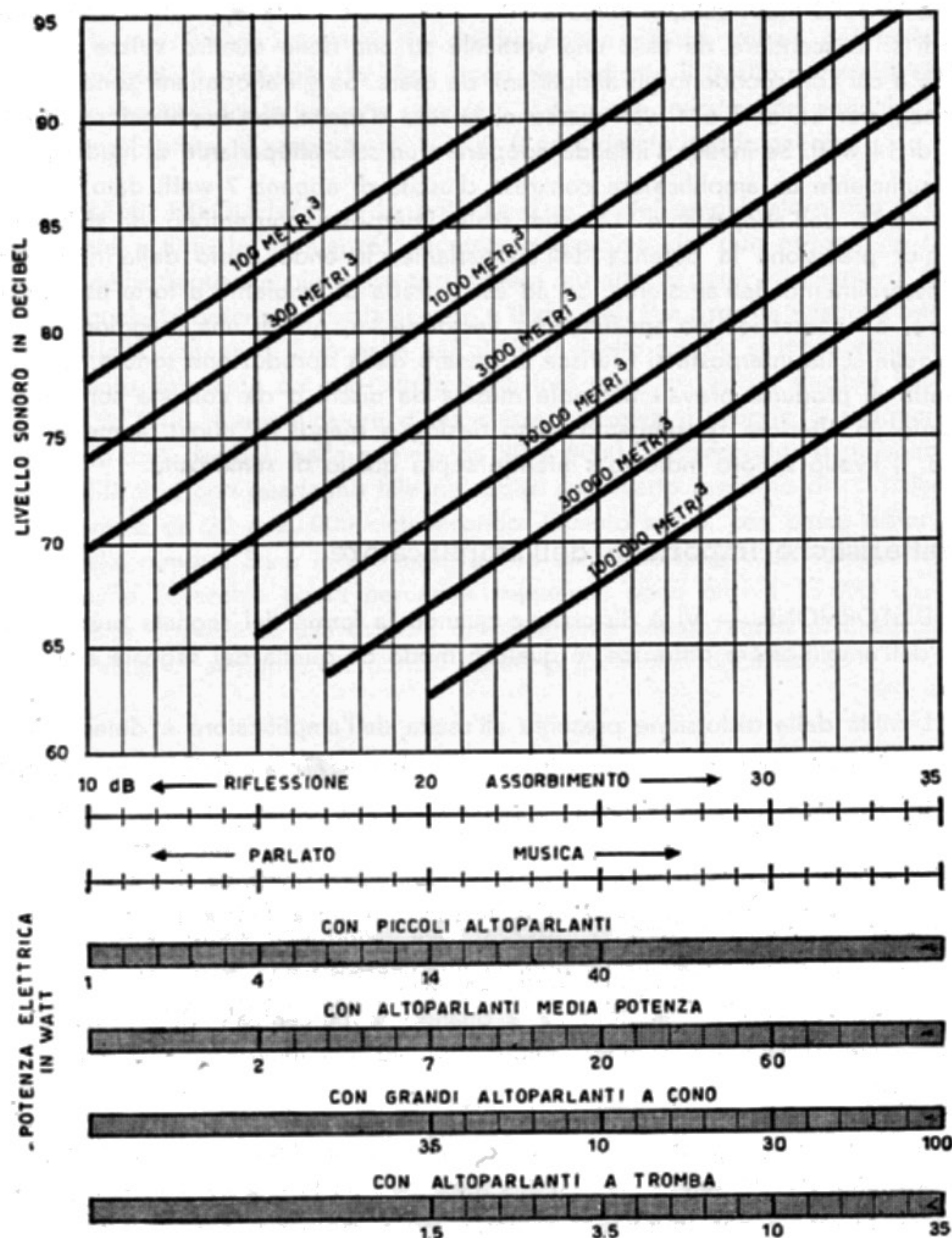


Fig. 9.2. - Nomogramma per stabilire la potenza dell'amplificatore.

Sulla retta corrispondente al volume va ricercato il punto relativo al livello sonoro, quindi va tirata una linea in basso, spostandola verso sinistra se l'ambiente assorbe poco il suono, od a destra se invece assorbe molto il suono; ogni trattino vale un decibel. Scendere ancora in basso e spostare a sinistra per il solo parlato ed a destra per la musica. Scendere su una delle quattro strisce sottostanti, quella a cui corrisponde l'altoparlante da usare.

biente di 1000 metri cubi, si cerca anzitutto l'incrocio tra le due rette corrispondenti, quindi si fa scendere da esso una verticale su una delle quattro strisce sottostanti, quelle a cui corrispondono gli altoparlanti da usare. Se gli altoparlanti sono di piccola potenza, per es. di 3 o 4 watt ciascuno, la resa d'uscita dell'amplificatore dovrà essere di 14 watt. Se invece s'intende adoperare un solo altoparlante di media potenza, sarà sufficiente un amplificatore con resa d'uscita di appena 7 watt, dato il maggior rendimento dell'altoparlante. Le due scale interposte consentono di stabilire con maggior precisione la potenza dell'altoparlante, tenendo conto della riflessione o dell'assorbimento dell'ambiente; se ad es. si tratta di ambiente a forte assorbimento sonoro, è necessario uno spostamento verso destra, quindi una maggiore potenza. Una delle scale interposte si riferisce al genere della riproduzione sonora; se, ad es., si tratta di produrre prevalentemente musica da dischi o da colonne sonore, è necessario un ulteriore spostamento verso destra, e quindi un nuovo aumento di potenza. Il livello sonoro indicato s'intende sopra quello di rumorosità.

Caratteristiche importanti dell'amplificatore.

DISTORSIONE. — Vi è distorsione quando la forma del segnale presente all'uscita dell'amplificatore differisce in qualche modo da quella del segnale alla sua entrata.

L'entità della distorsione presente all'uscita dell'amplificatore è determinata da: a) la *percentuale della distorsione armonica* e b) la *percentuale della intermodulazione.*

La *distorsione armonica*, ossia la percentuale del *contenuto di armoniche*, si riferisce all'entità delle armoniche presenti all'uscita dell'amplificatore quando alla sua entrata sia stato applicato un tono puro, perfettamente sinusoidale, e quindi privo di armoniche. Le armoniche presenti all'uscita sono dovute al *funzionamento non lineare* di qualche parte dell'amplificatore, per es. della rettificazione di griglia, degli stadi sovraccaricati, dello squilibrio di impedenze, ecc.

La distorsione s'intende tollerabile quando la percentuale del contenuto d'armoniche non supera il 5 %; negli amplificatori ad alta fedeltà non supera il 2 %, a resa massima.

La *percentuale d'intermodulazione* viene misurata applicando all'entrata dell'amplificatore due toni puri sinusoidali, e controllando all'uscita l'entità delle frequenze di battimento, dovute alla somma ed alla differenza tra le due frequenze applicate all'entrata. Queste nuove frequenze si producono soltanto per effetto di non linearità presente nell'amplificatore, ossia per effetto di distorsione.

Vi è intermodulazione tollerabile quando è del 10 % a pieno volume, e le frequenze applicate all'entrata sono di 40 e di 2000 c/s. Negli amplificatori di alta qualità non supera l'8 %.

RONZIO. — Si suol dire che il *livello di ronzio* è di un certo numero di decibel sotto l'uscita normale, per es. — 60 decibel sotto la massima potenza d'uscita. A

volte, il livello di ronzio viene riferito ad una data potenza minima, per es. *rispetto ad 1 milliwatt*. In questo caso il numero dei decibel risulta minore, per es. può essere di — 40 decibel sotto 1 milliwatt. Un altro modo per indicare il livello rumore è quello di indicare il rapporto tra la tensione rumore e la tensione massima del segnale, all'uscita dell'amplificatore. Il rapporto di 1/2500 è considerato soddisfacente.

GAMMA DI FREQUENZE. — La potenza d'uscita dell'amplificatore non si mantiene costante a tutte le frequenze, decresce a ciascuno dei due estremi, in corrispondenza delle frequenze più basse e di quelle più alte. È detta *frequenza di taglio* quella alla quale la potenza d'uscita scende a 0 decibel. Per *risposta lineare* s'intende quel tratto della gamma di frequenze nel quale il livello sonoro si mantiene praticamente costante, tale cioè da non subire variazioni superiori ad un decibel sopra o sotto, ossia ± 1 dB. L'amplificatore d'alta classe conserva il proprio guadagno, con uno scarto di ± 1 decibel, nella gamma da 80 a 8000 cicli/secondo; si possono costruire amplificatori con guadagno tale da subire uno scarto massimo di ± 1 decibel entro la gamma da 20 a 20 000 cicli/secondo. Quanto sopra, con bassa distorsione e basso livello rumore. Sono in uso amplificatori con risposta sino ad 80 000 cicli/secondo, benchè l'orecchio possa percepire frequenze poco oltre i 15 000 c/s, allo scopo di poter disporre di una risposta effettivamente lineare anche ai livelli sonori più alti. Si tratta di *amplificatori musicali*, usati in particolari circostanze.

Avvertenze per la costruzione di amplificatori ad audio frequenza.

Vanno anzitutto stabilite le dimensioni del telaio metallico sul quale dovranno venir sistemati i diversi componenti. Sopra il telaio vanno i trasformatori, le impedenze di filtro, i condensatori elettrolitici ed i portavalvole; ai lati del telaio vanno sistemati gli attacchi per il microfono ed il pickup, i controlli di volume e di responso, ecc. La sistemazione di tutti i componenti va studiata su un foglio di carta delle dimensioni del telaio. Occorre tener presente che il trasformatore di alimentazione e le valvole finali e la raddrizzatrice sviluppano calore; devono essere ad una certa distanza dagli altri componenti, non inferiore ai 3 cm. I condensatori elettrolitici non vanno posti molto vicino a componenti che si riscaldano.

L'entrata dell'amplificatore va posta ad un lato del telaio, e l'uscita al lato opposto, insieme con l'alimentatore; se vi è trasformatore d'entrata occorre estrema cura affinchè non capti i campi magnetici variabili, prodotti dal trasformatore di alimentazione e dall'impedenza di filtro. A tale scopo è opportuno che il trasformatore d'alimentazione e l'impedenza di filtro siano molto vicini tra di loro, con i nuclei di ferro paralleli, e che il trasformatore d'entrata sia quanto più lontano possibile, orientato in modo che il suo nucleo si trovi ad angolo retto con i nuclei del trasformatore d'alimentazione e dell'impedenza. Il trasformatore d'uscita, invece, può trovarsi poco lontano da quello di alimentazione, ma quanto più lontano possibile da quello d'entrata, onde evitare che il segnale d'uscita abbia la possibilità di retrocedere in fase

all'entrata dell'amplificatore, con conseguente reazione ed oscillazione. Il ronzio captato dal trasformatore d'alimentazione è a 50 cicli, quello captato dall'impedenza di filtro è a 100 cicli.

IL TELAIO. — Il telaio di ferro forato e piegato va cadmiato o smaltato; il telaio di metallo non ferroso è superiore dal punto di vista elettrico, ma risulta più costoso e meno robusto. Sul telaio vanno fissate tutte le parti componenti, portavalvole, resistenze variabili, commutatore, condensatori elettrolitici, ecc.; in qualche caso può risultare opportuno fissare i componenti molto pesanti, specie il trasformatore di alimentazione, verso la fine del montaggio. Vanno usate piccole basette di bachelite provviste di linguette metalliche per portare le resistenze; queste ultime vanno saldate alla basetta prima del collocamento a posto.

LA FILATURA. — I collegamenti vanno iniziati con quelli dei filamenti, per i quali va usato filo grosso, isolato ed intrecciato; la corrente percorre i due fili in senso opposto, quindi le linee di forza presenti intorno ad uno di essi annullano quelle presenti intorno all'altro. Non è opportuno collegare al telaio un capo dei filamenti, per utilizzare il telaio come ritorno, dato che ciò dà inevitabilmente luogo a ronzio.

IL RITORNO A MASSA. — Il ritorno di massa è molto importante; va usato un conduttore nudo, di spessore sufficiente, da far partire dal centro del secondario AT del trasformatore d'alimentazione, al quale saldare tutti i ritorni di massa, iniziando dai condensatori elettrolitici di filtro, la cui massa deve essere quanto più vicina possibile all'inizio del conduttore comune, partente dal centro del secondario AT. A tale scopo è necessario che la custodia metallica degli elettrolitici sia isolata dal telaio. Il collegamento comune di massa, isolato, raccoglie i ritorni a massa di tutto l'amplificatore, procedendo dall'uscita verso l'entrata; anche le prese per il microfono ed il pickup devono essere isolate dal telaio, e collegate all'estremità finale del conduttore comune; esso solo va fissato al telaio metallico, in un punto prossimo alla valvola d'entrata.

. COLLEGAMENTI SCHERMATI. — È necessario che tutti i collegamenti portanti il segnale siano molto brevi, in modo particolare quelli di griglia, essendo alta l'impedenza d'entrata delle valvole, e facile la captazione elettrostatica del ronzio, per cui è opportuno siano in cavetto schermato, con la calza metallica collegata al ritorno comune di massa. Anche altri collegamenti è opportuno siano schermati, specie quelli al controllo di volume; è però necessario tener presente che lunghi collegamenti schermati riducono l'estensione della gamma di frequenza amplificabile. A volte è necessario schermare condensatori fissi e resistenze, ciò che si può fare anche con vernice metallica.

DISTURBI. — Le valvole finali possono oscillare a frequenza inaudibile qualora gli schermi non facciano buon contatto o i contatti di massa siano insufficienti. Se vi è ronzio, cercare l'orientamento migliore del trasformatore d'entrata; se vi è oscilla-

zione, può essere dovuta alla non perfetta opposizione di fase del segnale retrocesso; se la presa per la reazione inversa è al secondario del trasformatore d'uscita, può riuscire utile scambiare i collegamenti del primario.

LO STADIO D'ENTRATA. — Particolarissima attenzione va dedicata allo stadio preamplificatore per il microfono, dato l'alto guadagno; è opportuno che il portavalvola sia pesante, fissato al telaio con gomma, onde ottenere il molleggio ed evitare la microfonicità. Tutti i collegamenti a massa di questo stadio vanno fatti *in un punto solo* del conduttore di massa; ciò è molto importante, onde evitare il ronzio. La parte sottostante il portavalvola, comprese le resistenze ed i condensatori che vi fanno capo, è bene sia schermata con una calotta metallica fissata al telaio dell'amplificatore, al quale non va fissata nessuna altra parte, salvo un capo del collegamento comune di massa.

2. — AMPLIFICATORI AD UNA VALVOLA FINALE.

Piccolo amplificatore per fonovaligia.

Lo schema di una fonovaligia da 1,5 watt di resa d'uscita, Philips mod. NG3505, è quello di fig. 9.3. Funziona con due sole valvole, una valvola doppia per l'amplificazione, e una valvola a diodo per l'alimentazione dalla rete-luce. Lo schema è

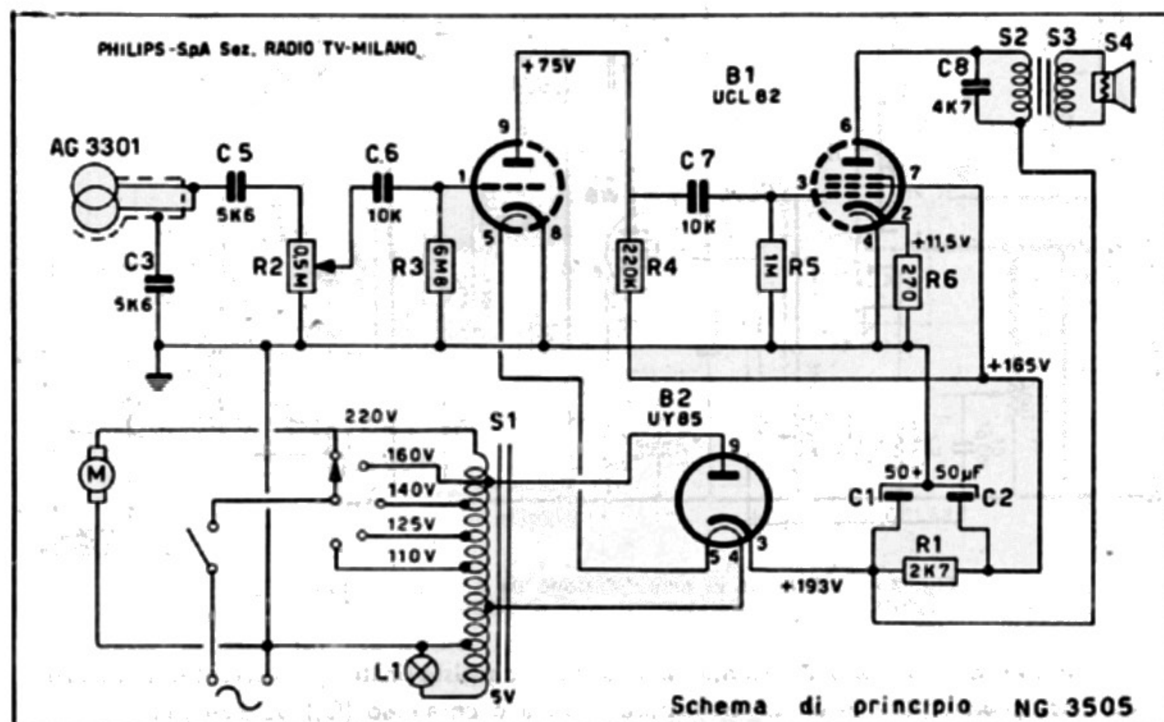


Fig. 9.3. - Schema di fonovaligia Philips mod. NG. 3505.

molto semplice. La valvola amplificatrice è una UCL82, triodo-pentodo. Il triodo è usato per l'amplificazione di tensione, il pentodo è utilizzato per l'amplificazione di potenza.

Il fonorivelatore è a cristallo piezoelettrico, adatto per dischi normali e microsolco, mod. AG 3308.

L'autotrasformatore di alimentazione ha un capo collegato al telaio della fonovaligia. Consiste di 2 448 spire. È il mod. PK 511 21.

Il giradischi è a quattro velocità, con arresto automatico a fine disco. Il braccio del giradischi agisce sull'interruttore rete-luce. Il giradischi è il mod. AG 2048.

Piccoli amplificatori per fonovaligia.

La fig. 9.4 riporta lo schema di un amplificatore da 3 watt, adatto per fonovaligia, con la valvola doppia ECL86, triodo amplificatore di tensione e pentodo finale.

In serie all'entrata vi è una resistenza che serve ad adattare l'impedenza propria del fonorivelatore a cristallo con quella d'entrata dell'amplificatore. Il suo valore dipende dal tipo di fonorivelatore usato; generalmente va da 56 000 a 150 000 ohm.

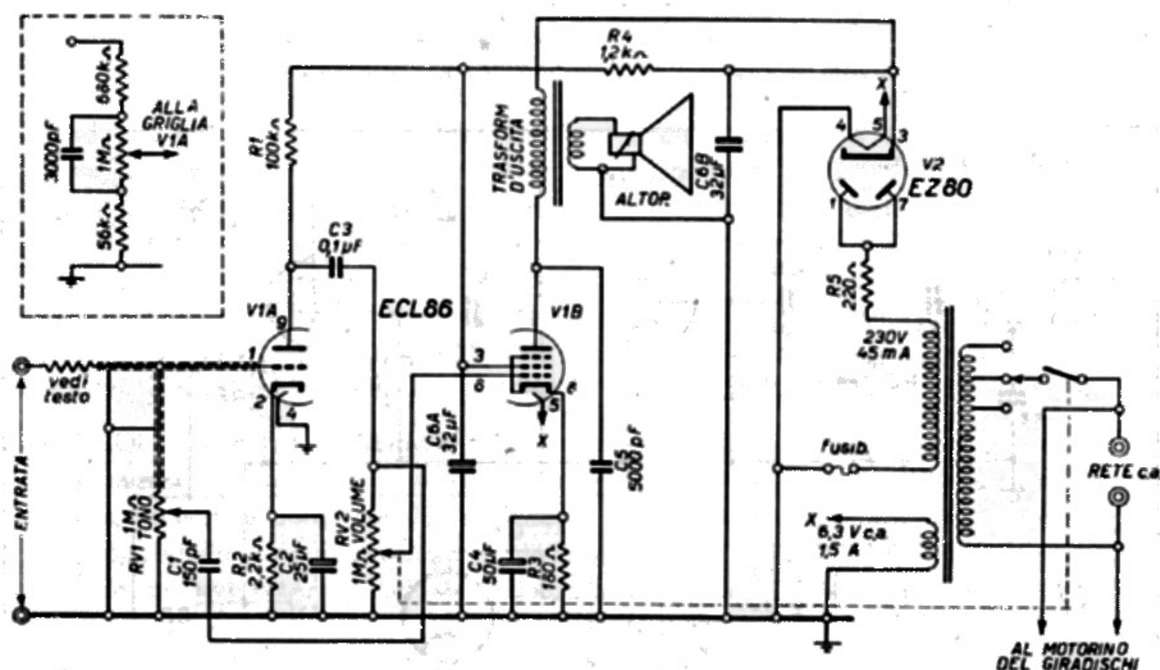


Fig. 9.4. - Schema di amplificazione da 3 watt, per fonovaligia.

Il controllo di tono è inserito all'entrata e consiste in un potenziometro lineare da 1 megaohm (RV_1) e un condensatore a mica o ceramico (C_1) da 150 pF.

Lo schema di controllo di tonalità racchiuso entro il rettangolo tratteggiato può

costituire una variante al circuito originario. Il controllo di volume è ottenuto con un potenziometro logaritmico da 1 megaohm (RV_2) che comprende anche l'interruttore di rete.

Il trasformatore d'uscita ha il primario di 7000 ohm d'impedenza e il secondario di 3,75 ohm.

Il circuito d'alimentazione comprende:

a) un trasformatore da 40 watt con primario universale, un secondario AT da 230 V e 45 mA, e un secondario BT a 6,3 V - 1,5 A per la accensione dei filamenti;

b) la valvola EZ 80, raddrizzatrice a placche riunite;

c) un fusibile da 60 mA, o lampadina tascabile da 0,15 A;

d) un cambiotensioni;

e) un interruttore di rete;

f) un condensatore elettrolitico doppio da 32 + 32 μF (C_6);

g) una resistenza da 1,2 Kohm (R_4).

Le resistenze R_1 e R_2 sono da 1/2 watt, e da 1 watt le altre.

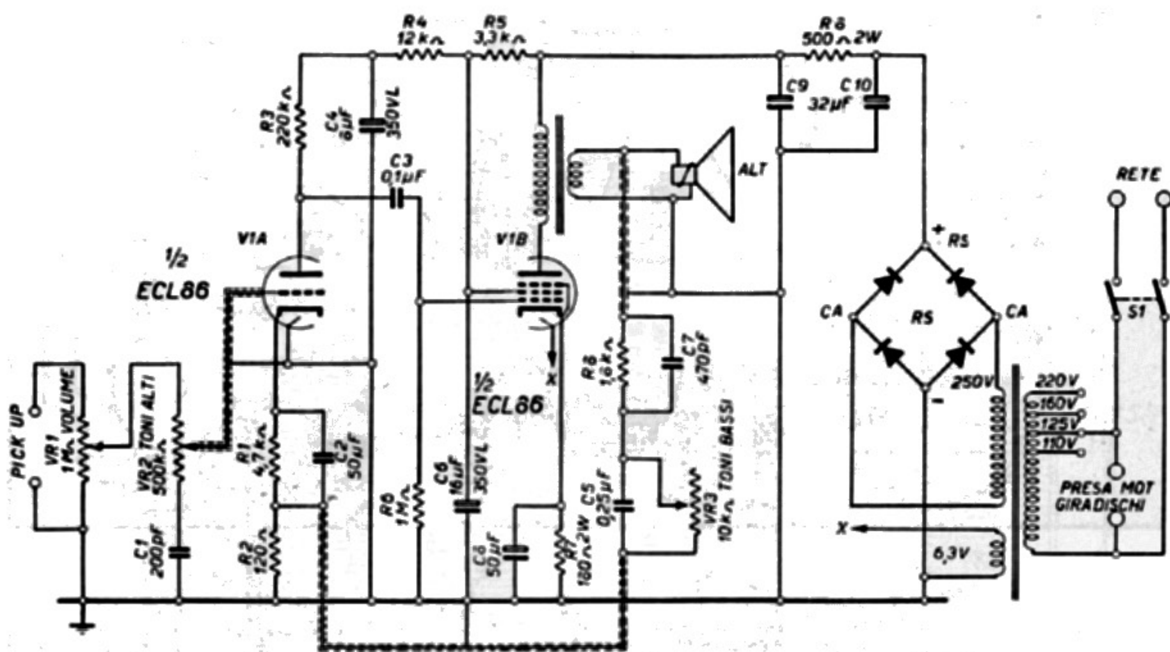


Fig. 9.5. - Schema di amplificatore da 3 watt, con una ECL86.

Un altro esempio di amplificatore per fonovaligia, con la stessa valvola ECL86 è quello di cui la fig. 9.5 riporta lo schema. Le due sezioni della valvola sono utilizzate nello stesso modo. La resa d'uscita è anche in questo caso di 3 watt. La differenza consiste nell'alimentatore con rettificatore a selenio, con quattro elementi a ponte, e nei due controlli di tono al posto di uno solo.

Il controllo di volume è posto all'entrata dell'amplificatore; il suo cursore è collegato alla resistenza variabile del *controllo dei toni alti*; essa varia l'azione del condensatore C_1 di 200 pF sulle audiofrequenze in arrivo. Il suo cursore è collegato alla griglia di V_1A, tramite un cavetto schermato, con la calza esterna a massa.

Il *controllo dei toni bassi* è inserito nel circuito di controreazione; tale circuito collega un capo della bobina mobile dell'altoparlante con il catodo del triodo; l'efficienza della controreazione è determinata dal valore di R_2. La presenza della controreazione migliora la qualità della riproduzione sonora, ma riduce un po' la potenza d'uscita. La tensione AT dell'alimentatore è stata perciò portata a 250 volt, in modo da compensare la minore resa d'uscita.

Il condensatore elettrolitico C_2 è da 6 volt lavoro; gli elettrolitici C_9 e C_{10}, da 32 microfarad ciascuno, è bene siano a tensione superiore ai 350 volt, dato che nel primo minuto di funzionamento, la valvola assorbe poco e la tensione anodica può essere molto elevata.

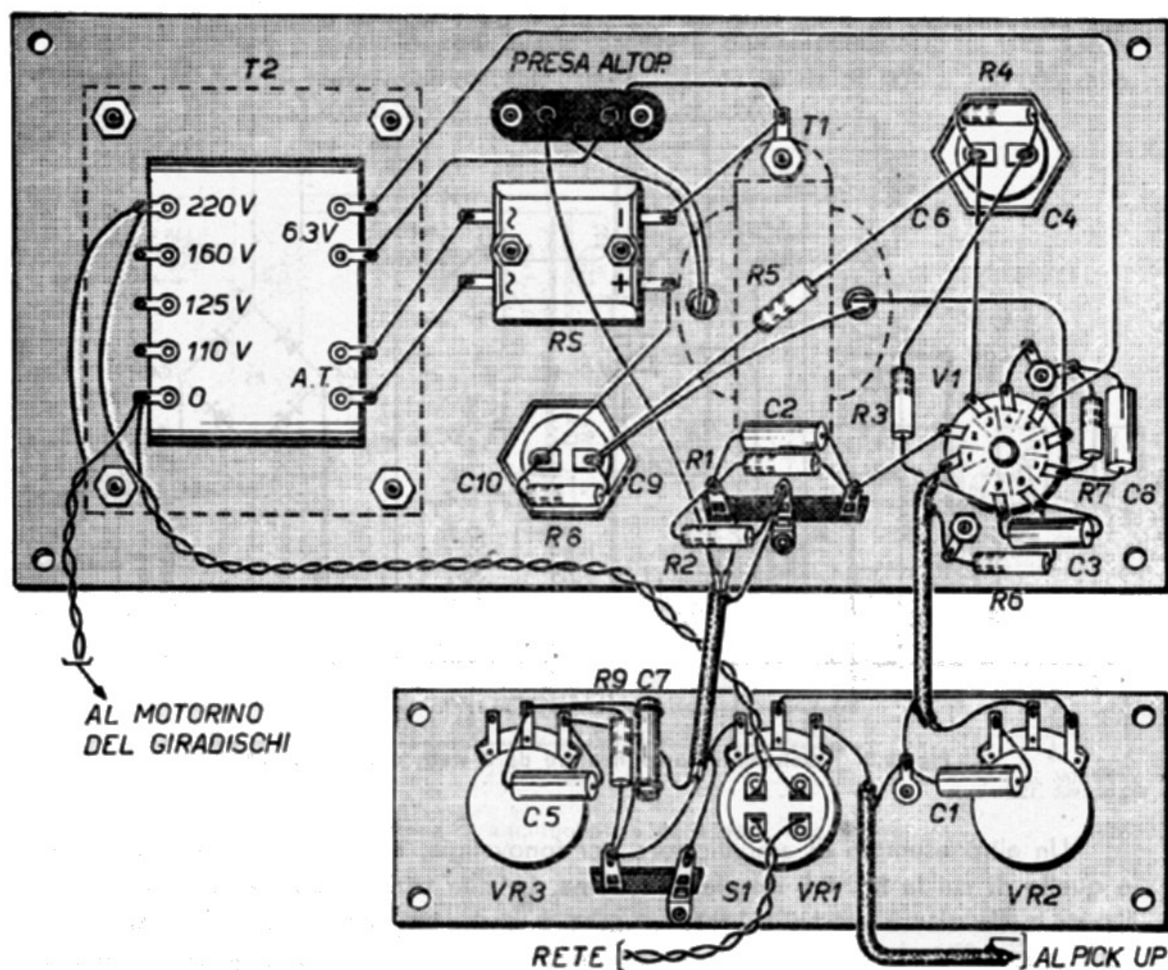


Fig. 9.5.B. - Collegamenti sotto il telaio.

Il trasformatore d'uscita ha le seguenti caratteristiche:

Rapporto di trasformazione	46 : 1
Impedenza primaria	7 chiloohm
Impedenza secondaria	3 ohm
Induttanza primaria	10 henry
Potenza	5 watt

L'alimentatore comprende un trasformatore con primario universale e secondario AT da 250-0-250 V a 75 mA e un secondario a 6,3 V e 1,5 A; un rettificatore al selenio inserito a ponte, da 250 V - 75 mA; tre celle filtranti formate dai gruppi R_8 - C_9 - C_{10}, R_5 - C_6 e R_4 - C_4.

I collegamenti che fanno capo alla griglia controllo del triodo e quelli che riguardano il circuito di controreazione sono effettuati con cavetto schermato, la cui calza metallica va a massa.

La fig. 9.5B illustra la disposizione dei componenti su una basetta isolante, vista dal lato sottostante al fine di mostrarne i collegamenti.

Ad essa è unito tramite due cavi schermati il pannellino che porta i comandi di tono e volume.

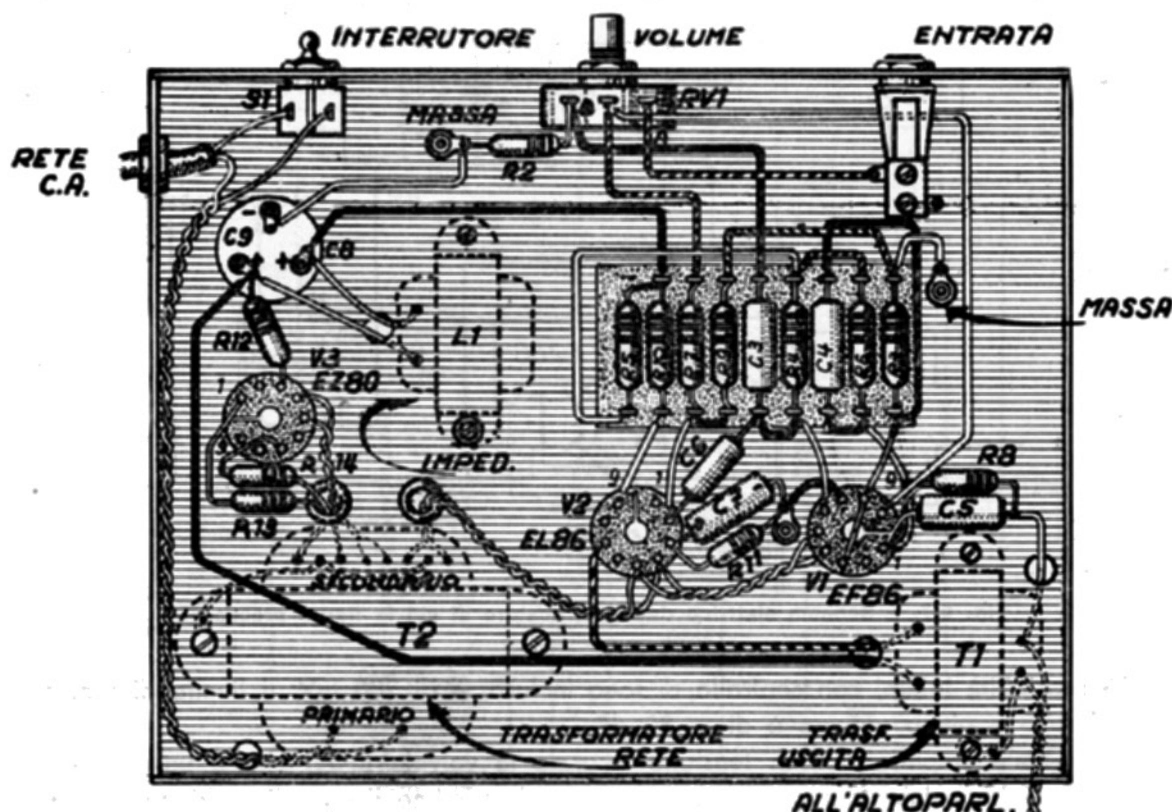


Fig. 9.6. – Schema di montaggio di piccolo amplificatore, con una EL86 finale.

Esempio di amplificatore da 3 watt, a bassa distorsione.

Un ottimo amplificatore con resa d'uscita di 3 watt e distorsione massima ridotta all'1 % è quello rappresentato in fig. 9.6 e di cui la fig. 9.7 ne riporta lo schema elettrico.

La risposta in frequenza è lineare da 30 a 20 kc/s ± 1 dB alla massima uscita.

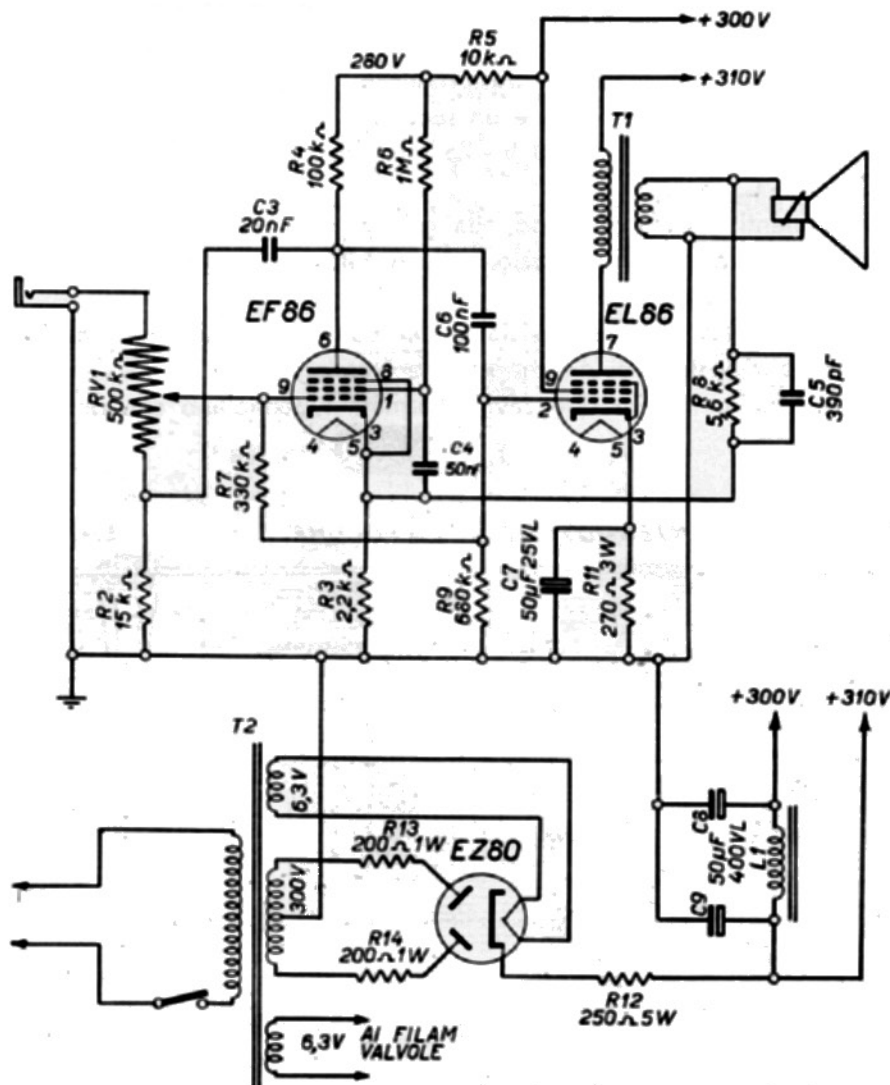


Fig. 9.7. - Schema elettrico dell'amplificatore di cui la figura precedente.

La sensibilità totale, con controllo di tono incluso, è di 200 mV. Il livello di ronzio e fruscio a pieno volume è di —80 dB.

Quale amplificatrice di tensione è usata la valvola EF86, che è un pentodo bene adatto a tale scopo, poichè assicura un bassissimo livello di ronzio e fruscio. Quale finale di potenza è impiegata la EL86.

Il potenziometro RV_1 in serie con la resistenza R_2 e col condensatore C_3 assicura un efficiente controllo fisiologico del volume, in quanto la controreazione alle note alte introdotta da C_3 va a compensare l'inevitabile attenuazione delle frequenze più basse, a volume ridotto.

Una adeguata controreazione è prelevata tramite C_5 e R_8 dall'avvolgimento secondario del trasformatore d'uscita e applicata al catodo di V_1.

Il trasformatore d'uscita ha un'impedenza primaria di 5000 ohm e quella secondaria adatta alla bobina mobile dell'altoparlante.

L'alimentatore è del tipo ad onda intera e fornisce + 300 V per l'anodica e + 310 V per la placca della finale.

Il perfetto livellamento è assicurato dall'impedenza L_1 di 5 henry - 75 ohm - 60 mA.

Il trasformatore d'alimentazione fornisce 300-0-300 V 80 mA al secondario AT, ed inoltre possiede due secondari a 6,3 V - 1 A per l'accensione della raddrizzatrice EZ 80 e delle due amplificatrici, rispettivamente. Va collocato lontano, e ad angolo retto, rispetto l'impedenza L_1.

Data la disposizione del controllo di volume, non risulta necessario alcun controllo di tono.

Esempio di amplificatore da 4 watt, con una EL84 finale di potenza.

Nell'esempio precedente la prima valvola è un pentodo EF86; se la si sostituisce con una valvola doppia ECF80, triodo-pentodo, si può ottenere uno stadio

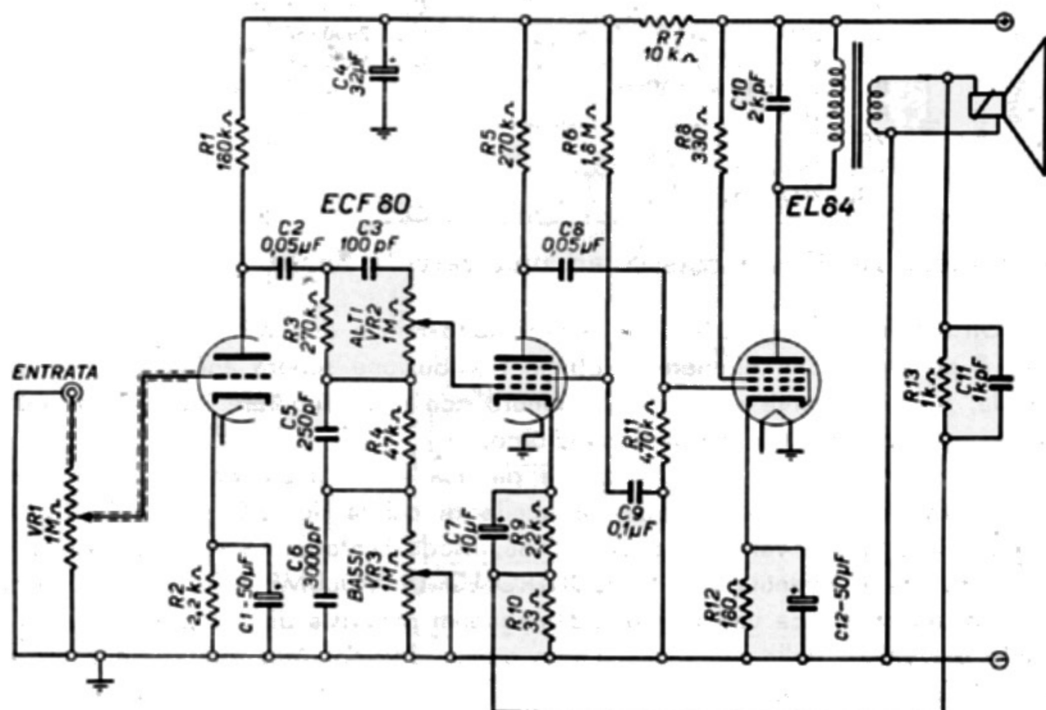


Fig. 9.8. - Schema di amplificatore con ECF80 e EL84.

d'amplificazione di tensione in più, da usare quale preamplificatore. In tal caso tra il triodo e il pentodo della ECF80 possono venir sistemati due controlli di responso di tipo passivo; essi sono stati illustrati nel capitolo precedente; non si possono adoperare senza uno stadio preamplificatore, data la diminuizione del segnale che determinano.

Nello schema di fig. 9.8 non è indicato, per semplicità, il circuito di alimentazione. Può essere di qualsiasi tipo, a valvola o a selenio; può venir utilizzata, ad es., una valvola EZ80, e un trasformatore di tensione da 300-0-300 volt e 60 mA, con un avvolgimento a bassa tensione da 6,3 volt e 2 ampere. I due condensatori elettrolitici di livellamento possono essere di 16 microfarad ciascuno, a 400 volt lavoro; è necessario utilizzare una impedenza di livellamento da 10 henry, 60 milliampere.

I valori delle resistenze e dei condensatori sono i seguenti:

RESISTENZE (tutte da 0,5 watt, salvo indicazione contraria)		CONDENSATORI	
R_1	180kΩ 20%	C_1	50 μF 12VL
R_2	2.2kΩ 10%	C_2	50 nF
R_3	270kΩ 10%	C_3	100 pF mica
R_4	47kΩ 10%	C_4	32 μF 350VL
R_5	270kΩ 20%	C_5	220 pF mica
R_6	1.8MΩ	C_6	3000 pF
R_7	10kΩ 20%	C_7	da 10 a 100 μF 6VL
R_8	330Ω 20%	C_8	50 nF
R_9	2.2kΩ 10%	C_9	100 nF
R_{10}	33Ω 10%	C_{10}	2000 pF
R_{11}	470kΩ 20%	C_{11}	1000 pF
R_{12}	180Ω 10% 1 Watt	C_{12}	50 μF 12VL
R_{13}	1kΩ 10%		
VR_1	1MΩ log.		
VR_2	1MΩ lin.		
VR_3	2MΩ lin.		

Amplificatore di alta classe, ad una valvola finale.

Gli amplificatori audio ad alta fedeltà sono tutti a due valvole finali in controfase; è però possibile ottenere un'ottima riproduzione sonora anche con una sola valvola, particolarmente se il volume sonoro non deve superare i 2 watt, e quindi essere adeguato ad una stanza di soggiorno.

Un esempio tipico di amplificatore da una sola valvola finale, ma di classe elevata, adatto per radiofonografo, è quello di cui la fig. 9.9 riporta lo schema. È utilizzata una valvola doppia ECL86, triodo-pentodo. La regolazione dell'intensità sonora è ottenuta con un CONTROLLO DI VOLUME FISIOLOGICO, costituito da una resistenza variabile di 1,3 megaohm provvista di due prese, una ad un quinto del valore della resistenza, l'altra ad un decimo. Alle due prese sono collegati i due filtri passa-alto, ciascuno dei quali formato da un condensatore fisso e da una resistenza in serie. In tal modo si ottiene un notevole rinforzo delle frequenze

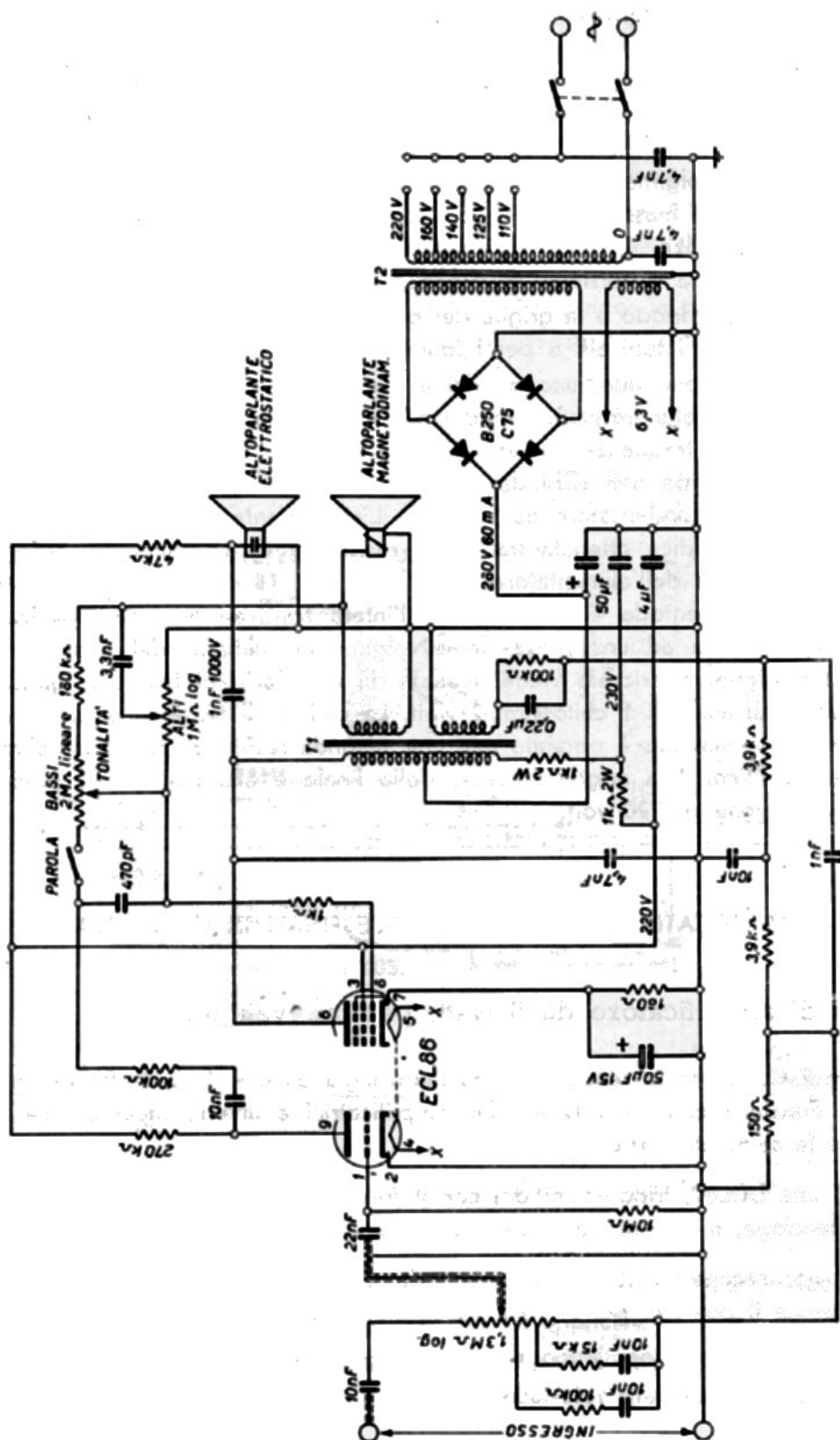


Fig. 9.9. – Esempio di amplificatore per radiofonografo, di alta classe, con una sola valvola ECL86, e due altoparlanti, uno dei quali elettrostatico.

basse, di circa 25 dB in corrispondenza alla prima presa, e di 18 dB alla seconda. Senza questo accorgimento, alle posizioni di minor livello vengono a corrispondere perdite eccessive delle frequenze basse, con conseguente riproduzione stridente.

La resistenza variabile è collegata a massa tramite una resistenza fissa di 150 ohm; ai capi di quest'ultima è applicata la tensione di controreazione, ottenuta con un apposito avvolgimento secondario del trasformatore d'uscita. Un capo di tale avvolgimento è a massa, l'altro capo è collegato ad una rete formata da vari condensatori e resistenze, in modo da ottenere la esaltazione dei toni alti e bassi, e la eliminazione della distorsione dovuta alla valvola amplificatrice.

Tra la placca del triodo e la griglia del pentodo vi sono i circuiti dei due controlli di responso, per i toni alti e per i toni bassi.

Gli altoparlanti sono due; uno di essi è magnetodinamico a grande diametro, per la riproduzione delle frequenze medie e basse; l'altro è un elettrostatico, per la riproduzione delle frequenze elevate. Quest'ultimo è collegato alla placca della valvola finale, in quanto non richiede il trasformatore d'uscita; il collegamento è effettuato tramite un condensatore da 1000 pF. L'*altoparlante elettrostatico* funziona con una tensione anodica ottenuta tramite la resistenza di 47 chiloohm, collegata alla uscita a 220 volt dell'alimentatore.

La placca del pentodo è alimentata dall'intera tensione anodica raddrizzata, di 280 volt, applicata ad una presa dell'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita. La tensione raddrizzata viene livellata da una parte di tale avvolgimento, nonchè dalla resistenza di 1 chiloohm, 2 watt. La caduta di tensione è di 50 volt. Un successivo livellamento è ottenuto con una seconda resistenza di 1 chiloohm, e un terzo elettrolitico. Alla griglia schermo della finale e alla placca del triodo è applicata la tensione di 220 volt.

3. — AMPLIFICATORI CON DUE VALVOLE FINALI IN CONTROFASE.

Esempio di amplificatore da 5 watt, per fonovaligia.

La fig. 9.10 riporta lo schema di una fonovaligia da 4 watt della Philips, mod. NG 3500. Funziona con tre valvole, due amplificatrici e una rettificatrice. Le valvole hanno le seguenti funzioni:

B1) una UCL82, triodo-pentodo, con il triodo utilizzato quale primo amplificatore di tensione, e il pentodo impiegato nello stadio finale in controfase;

B2) una seconda UCL82, triodo-pentodo, con il triodo utilizzato per l'inversione di fase, e il pentodo per completare lo stadio finale in controfase;

B3) una UY85, diodo a riscaldamento diretto, utilizzata per la rettificazione della tensione alternata della rete-luce.

I filamenti delle tre valvole sono collegati in serie; un lato è a massa, e l'altro lato è collegato ad una presa dell'avvolgimento dell'autotrasformatore di alimentazione. Gli avvolgimenti di quest'ultimo sono indicati con S_1 sino a S_8.

Il fonorivelatore è del tipo a banda estesa, mod. AG 3016. È collegato all'entrata del primo triodo tramite il controllo di volume R_{11} e il controllo di tono R_9. Quest'ultimo è a controreazione; è collegato ai capi del secondario del trasformatore d'uscita. L'effetto di controreazione è ottenuto con un lato fisso, costituito dalla resistenza R_{10} e dal condensatore C_8, e da un lato regolabile costituito appunto dal controllo di tono R_9 e dal condensatore in serie C_7.

Il primo triodo è collegato direttamente al secondo; la placca del primo triodo è collegata con la griglia del secondo. La resistenza R_8 provvede a far giungere la

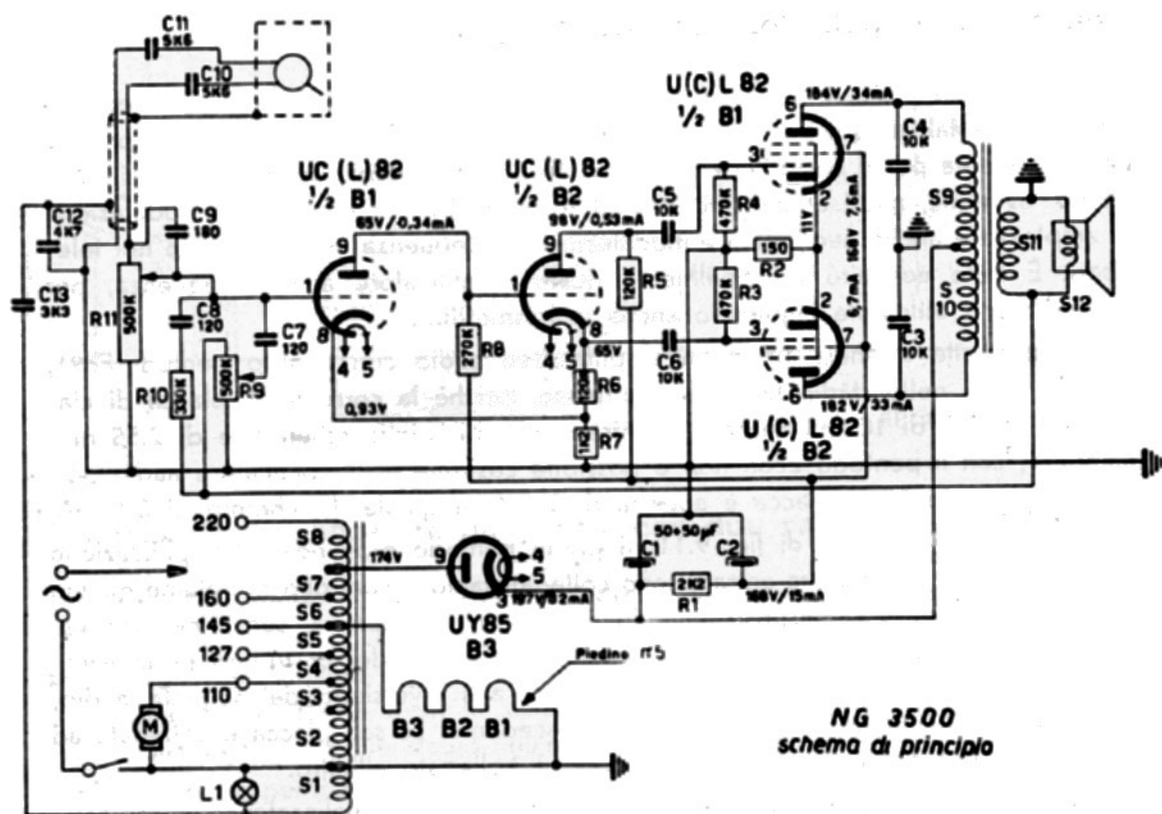


Fig. 9.10. – Schema di fonovaligia Philips mod. NG. 3500.

tensione positiva necessaria al funzionamento dei due triodi. In tal modo alla placca del primo triodo e alla griglia del secondo è applicata la stessa tensione positiva di 65 volt. Il secondo triodo può funzionare normalmente a tale tensione positiva di griglia, poichè anche al suo catodo è applicata la stessa tensione positiva di 65

volt. La tensione della sua placca è di 98 volt; funziona quindi come se la sua tensione di placca fosse di 33 volt. Ciò è possibile dato che il secondo triodo funziona da invertitore di fase.

I segnali presenti alla placca e al catodo del secondo triodo sono eguali e in opposizione di fase; sono applicati alle griglie controllo delle due valvole finali.

Le due valvole finali hanno i catodi polarizzati dalla resistenza in comune R_2, di 150 ohm, 1 watt.

Il livellamento è ottenuto con una resistenza R_1 di 2200 ohm, anch'essa di 1 watt, nonchè con due condensatori elettrolitici da 50 microfarad ciascuno. Le altre resistenze indicate sono tutte da mezzo watt.

Esempio di amplificatore con quattro pentodi EF91.

Il pentodo EF91, e il corrispondente 6AM6, è bene adatto per apparecchiature sperimentali di qualsiasi tipo; è di prezzo modesto e di grande utilità pratica, particolarmente per il costruttore dilettante. Negli apparecchi commerciali lo si trova un po' ovunque, negli amplificatori audio e negli apparecchi radio, a modulazione di ampiezza e anche negli stadi a modulazione di frequenza; è anche usato nei televisori. È stato costruito principalmente quale amplificatore a radiofrequenza, per cui può venir utilmente impiegato anche in trasmettitori.

È possibile ottenere un buon amplificatore audio con quattro pentodi EF91, due dei quali nello stadio finale in controfase, poichè la corrente di placca di ciascuno di essi è di 10 milliampere, mentre quella di griglia schermo è di 2,55 milliampere; con il pentodo EF86 non è possibile costruire un amplificatore audio poichè la sua corrente di placca è appena di 3 mA, e quella di schermo di 0,6 mA.

Lo schema è quello di fig. 9.11. Il primo pentodo provvede all'amplificazione di tensione, per cui alla sua entrata sono collegati tanto il controllo di volume quanto il controllo di tono. La disposizione circuitale è quella classica, senza nessuna variante, in modo da corrispondere alle limitate possibilità dei costruttori principianti. Il secondo pentodo provvede, come al solito, alla inversione del segnale audio; il principio è quello descritto nel capitolo precedente. La sua placca è collegata ad uno dei pentodi finali, mentre il suo catodo è collegato all'altro.

Lo stadio finale è anch'esso senza alcuna particolarità; realizzato come indicato, con le cautele necessarie per evitare il ronzio, è di sicuro e immediato funzionamento; la resa d'uscita è di circa 2 watt, con distorsione ridottissima. Non è indicato l'alimentatore, poichè può essere di qualsiasi tipo, con uscita da 200 a 250 volt. I pentodi EF91 non sono adatti per tensione di lavoro oltre i 250 volt. Assorbimento di corrente: 60 milliampere. Le resistenze sono tutte da un quarto di watt, ad eccezione della R_{11}. La tolleranza delle resistenze è del 10 per cento per tutte, ad eccezione di R_7, R_8, R_9 e R_{10}, le quali devono essere di valore preciso, al 5 per cento. La resistenza variabile RV_1 è logaritmica, mentre la RV_2 è lineare.

Il trasformatore d'uscita è di tipo solito, con primario da 7000 ohm e con secondario da 3 ohm, nel caso venga utilizzato un altoparlante con bobina mobile di tale impedenza.

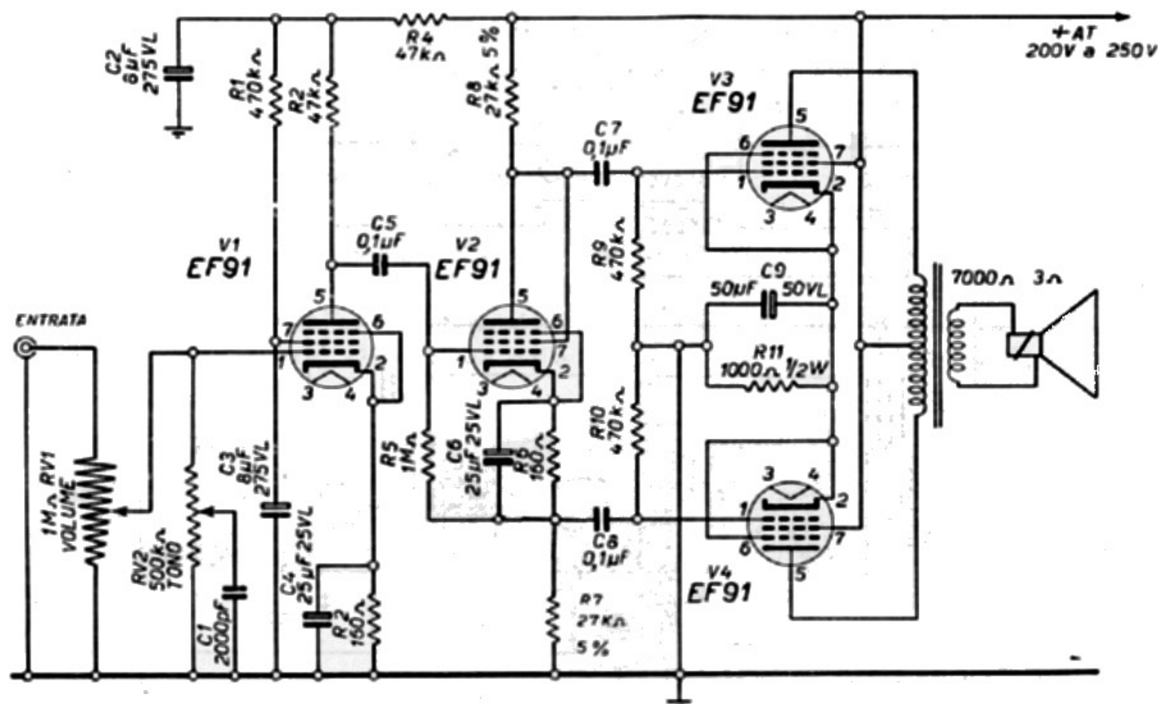


Fig. 9.11. - Schema di amplificatore con quattro valvole EF 91.

Esempio di amplificatore da 8 watt, con due valvole ECL86.

Il triodo-pentodo ECL86 è stato appositamente progettato e realizzato per amplificatori audio; due ECL86 consentono di ottenere un ottimo amplificatore il quale, pur senza essere di tipo Hi-Fi, consente prestazioni sorprendenti. I due triodi vengono usati per lo stadio d'amplificazione di tensione e per quello d'inversione di fase, i due pentodi per lo stadio finale in controfase.

La sezione pentodo della ECL86 ha le seguenti caratteristiche:

a) tensione di placca e di griglia schermo . . . 250 volt
b) tensione di griglia controllo . . . . —7 volt
c) corrente di placca . . . . 36 milliampere
d) corrente di griglia schermo . . . . 6 milliampere
e) resistenza interna . . . . 48 chiloohm

Due valvole ECL86 consentono di ottenere rese d'uscita piuttosto elevate, sino a 14 watt; è opportuno, per limitare la distorsione e non sovraccaricare le valvole, limitare la resa d'uscita a 8 watt. Una tale resa è eccessiva per un'abitazione nor-

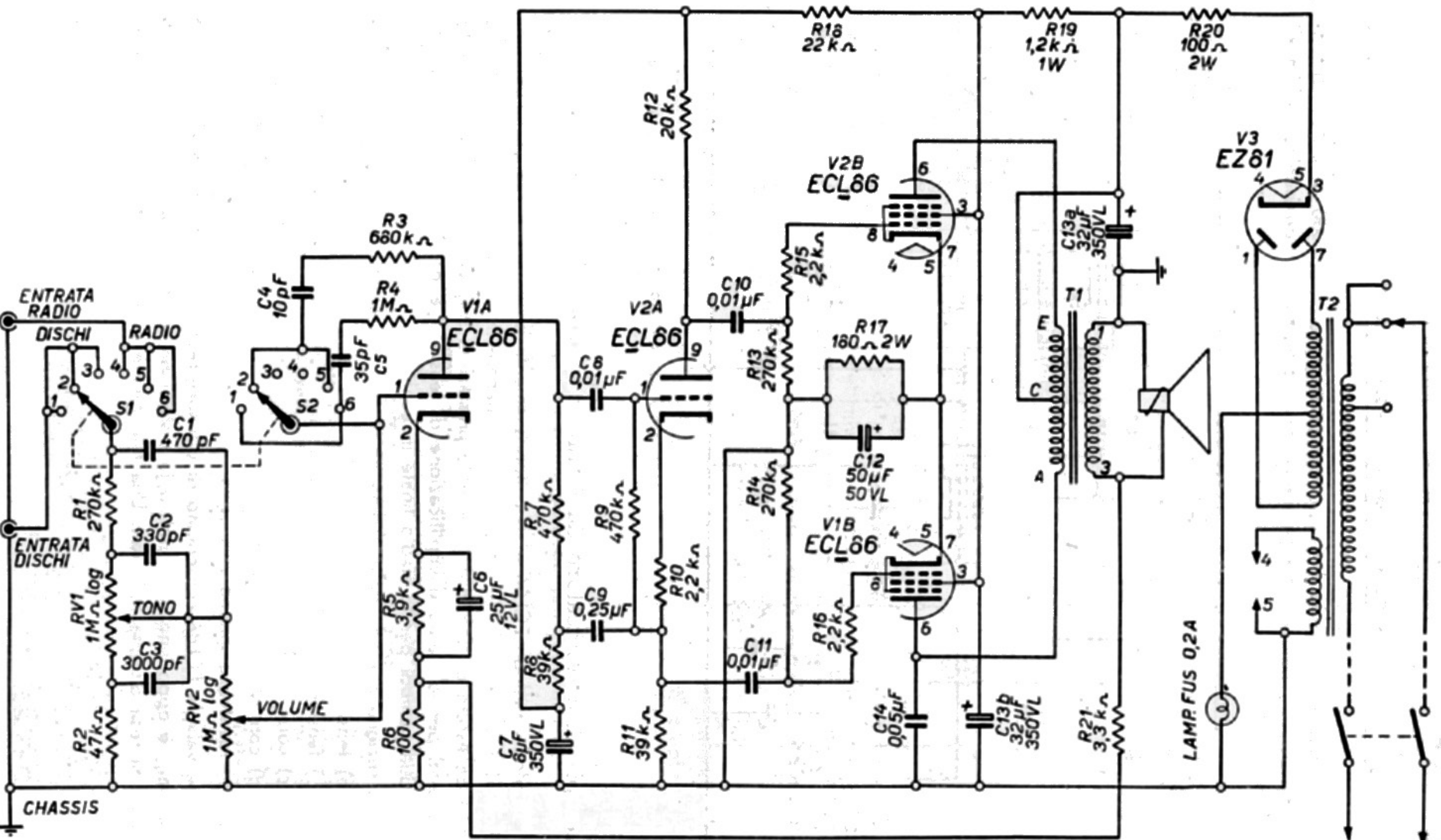


Fig. 9.12. – Schema di amplificatore da 8 watt, a bassissima distorsione, con due ECL86 finale.

male; però l'amplificatore con due ECL86 si presta ottimamente per la riproduzione dei dischi e per il collegamento con il sintonizzatore radio, anche in abitazioni, limitando l'uscita a 3 o 4 watt, con relativa bassissima distorsione.

Un esempio di impiego di due ECL86 in amplificatore audio è quello di fig. 9.12, Questo esempio ha alcune particolarità proprie, mentre la utilizzazione delle quattro sezioni di valvola è la consueta. Potrebbe venir utilizzato uno schema più semplice, di tipo classico, senza particolarità di rilievo; esso risulterebbe però meno interessante, e non farebbe che ripetere gli schemi già presentati.

Una prima particolarità è costituita dai controlli di tonalità e volume; anzichè collocare due controlli di responso, uno per i « bassi » e l'altro per gli « alti » è inserito un controllo solo, quello per i « bassi »; la regolazione degli « alti » è però egualmente possibile, con un commutatore a due vie e sei posizioni, anzichè con una resistenza variabile. Il commutatore ha lo scopo di consentire il passaggio da « dischi » a « radio »; ciò avviene nelle posizioni 3 e 4; nelle altre posizioni vi è

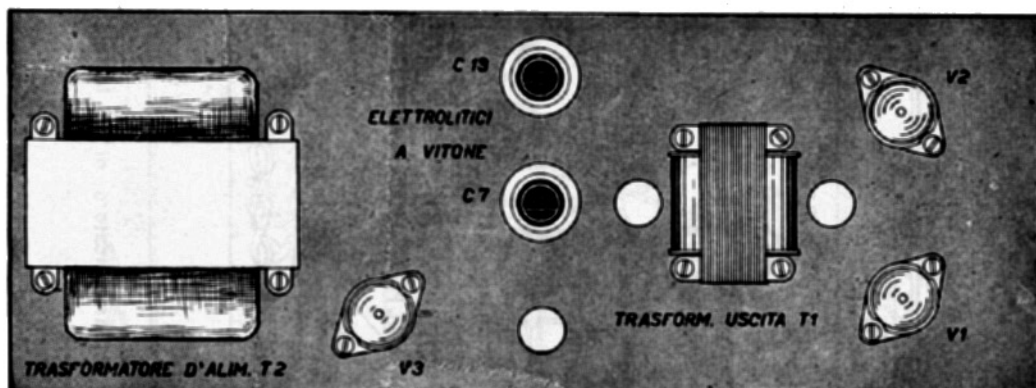


Fig. 9.13. - Disposizione delle tre valvole, e dei componenti maggiori, sopra il telaio.

una soppressione di frequenze elevate mediante una controreazione tra placca e griglia del primo triodo. Nelle posizioni 2 e 5 l'attenuazione è modesta; nelle posizioni 1 e 6 è più forte. Il collegamento placca-griglia usato a tale scopo consiste di due resistenze e due condensatori.

Una seconda particolarità dello schema indicato si riferisce al circuito invertitore di fase. Le resistenze R_{11} e R_{12} non sono dello stesso valore, come invece dovrebbe avvenire; la R_{11} è di valore notevolmente più alto; però alla maggior parte delle frequenze audio, tale resistenza è praticamente in parallelo con la R_8, dello stesso valore; ne risulta che pur essendo di valore diverso, le due resistenze R_{11} e R_{12} si comportano come se avessero lo stesso valore.

TRASFORMATORE D'USCITA. — Il trasformatore d'uscita impiegato è il PK 50811 della Philips, da 8000 ohm d'impedenza primaria, e 7 ohm di impedenza ai capi dell'avvolgimento secondario.

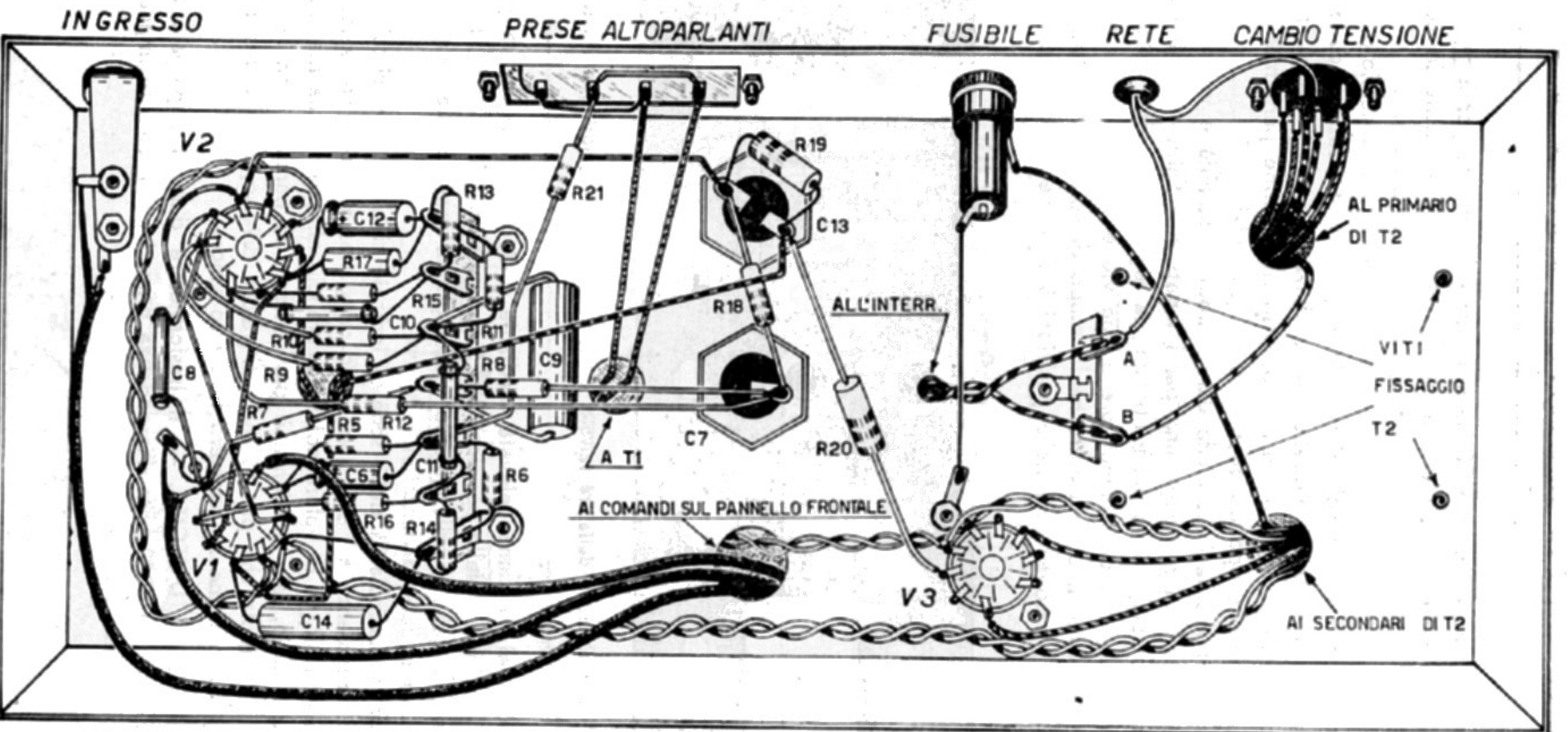


Fig. 9.14. – Piano costruttivo dell'amplificatore, di cui la figura precedente.

ALTOPARLANTE. — L'altoparlante è di dimensioni tali da sopportare una potenza di 8 W, e di diametro sufficientemente grande per una buona riproduzione sonora, specie per le note basse.

ALIMENTAZIONE. — L'alimentatore è del tipo ad onda intera e fa uso di una rettificatrice EZ81 e di un trasformatore con secondario AT a presa centrale 250-0-250 volt e 80 mA, e un secondario per l'accensione dei filamenti a 6,3 V e 2,5 A. I conduttori della tensione di filamento e di rete sono intrecciati tra loro e corrono aderenti al telaio. Il condensatore elettrolitico C_{15} è a due sezioni da 32 μF ciascuna ed è contenuto in una custodia tubolare con attacco a vitone. Anche C_7 è un elettrolitico tubolare a vitone.

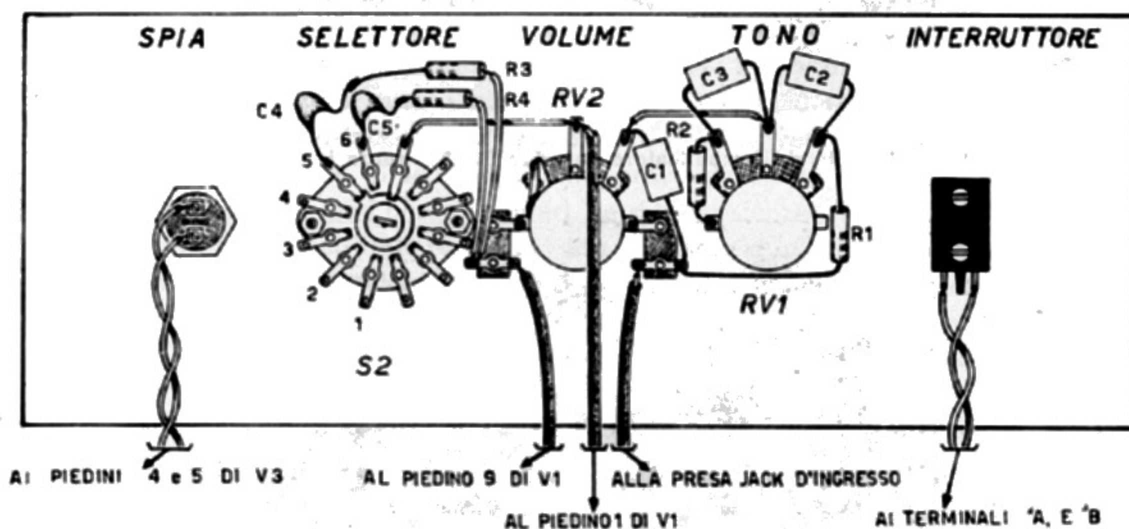


Fig. 9.15. - Disposizione dei componenti dietro il pannello frontale.

RESISTENZE. — Le resistenze da R_7 a R_{12} sono al 5 % di tolleranza sui valori nominali e ad alta stabilità. La resistenza R_{21} va collegata per ultima, al fine di stabilire quale sia il terminale giusto del secondario di T_1 per il prelievo della tensione di controreazione.

TELAIO. — Il telaio è di lamiera di ferro verniciato, delle dimensioni di cm. 3 × 12 × 32. La disposizione dei componenti sopra di esso è illustrata dalla fig. 9.16. Anteriormente porta un pannellino verticale in alluminio (fig. 9.15) munito dei comandi di tono e volume, interruttore, selettore d'ingresso, lampadina spia.

Le relative scale graduate e le scritte sono incise su di un rettangolo di laminato plastico.

La fig. 9.17 mostra l'aspetto frontale dell'amplificatore.

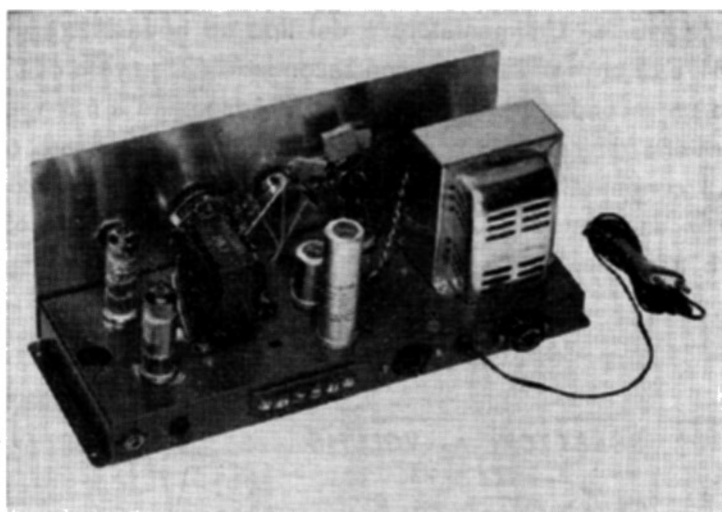


Fig. 9.16. – Aspetto dell'amplificatore con due ECL86, senza la custodia esterna.

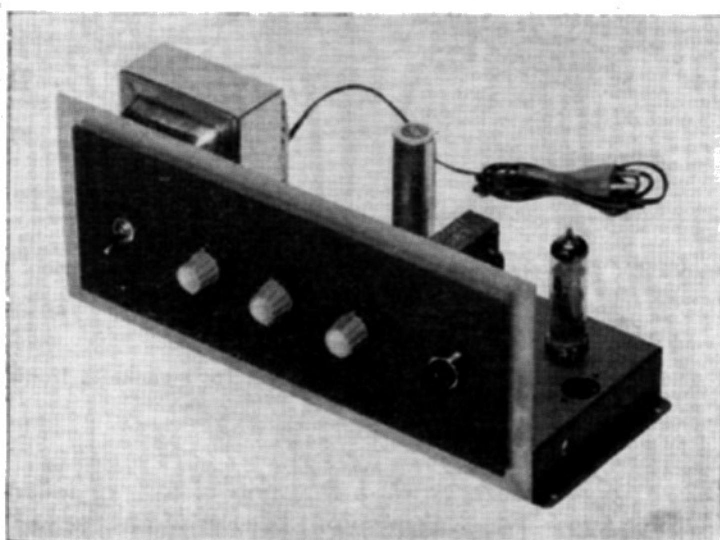


Fig. 9.17. – Aspetto della parte frontale dell'amplificatore di cui la figura precedente.

Esempio di amplificatore di media potenza, di tipo molto economico.

Anche con « fondi di magazzino », materiale da « surplus », si può ottenere un amplificatore capace di fornire 10 watt d'uscita, ed anche di riuscire a dare un'ottima riproduzione sonora. Sono necessarie quattro valvole di vecchio tipo, due

doppi triodi e due pentodi finali; quelle utilizzate per l'approntamento dell'amplificatore descritto erano due octal 6SL7-GT, doppi triodi, e due 6AQ5-A, pentodi finali. L'amplificatore venne costruito con pochissimo materiale, tutto di tipo economico. Tre sole resistenze fisse risultarono necessarie oltre il materiale « surplus »: R_3, R_4 e R_5, quelle per lo stadio invertitore di fase; esse sole devono essere scelte con cura, a tolleranza non superiore al 5 per cento.

Lo schema dell'amplificatore è quello di fig. 9.18. Ad una prima occhiata risulta che non è provvisto di alcun controllo. Un amplificatore da 10 watt, come quello descritto, va fatto funzionare con il sintonizzatore radio, il quale è già provvisto di controllo di volume, oppure con un fonorivelatore a cristallo; in questo secondo caso è sufficiente applicare ai capi del fonorivelatore una resistenza variabile da 1 megaohm, con il cursore all'entrata dell'amplificatore, ed un capo alla sua massa.

Dei due doppi-triodi, il secondo è usato come *stadio pilota* per le finali in controfase; è vantaggioso far funzionare questo doppio-triodo come pilota, poichè consente un'amplificazione di circa 50 volte per stadio, per cui se il segnale all'entrata è di 0,25 volt, quello all'entrata delle finali risulta di 12,5 volt, bene adatto per ottenere una buona resa d'uscita, appunto di circa 10 watt.

Il primo doppio-triodo è utilizzato in modo convenzionale; un triodo provvede all'amplificazione di tensione, l'altro provvede all'inversione di fase, del tipo a carico diviso (*split load phase inverter*). Le due resistenze di carico di 100 chiloohm ciascuna, R_4 e R_5, sono inserite nel circuito di placca e in quello d'uscita del triodo; ai capi di R_5 non vi è alcun condensatore di livellamento non per ragioni di economia, ma perchè non vi deve essere, dato che il segnale deve venir trasferito, tramite C_3, alla griglia di uno dei triodi dello stadio pilota. Il risultato è che il catodo dell'invertitore di fase è a tensione elevata, circa 100 volt.

Anche il catodo del primo triodo è senza condensatore elettrolitico, data la presenza della tensione di controreazione, ad esso applicata tramite R_{18}. Il condensatore elettrolitico C_1, di 64 microfarad, consiste di due condensatori da 32 microfarad ciascuno, 350 volt lavoro, con terminali a filo.

Le due valvole finali in controfase sono collegate nel solito modo, non vi è alcuna particolarità di sorta; si può solo notare che la resistenza R_{17}, comune ai due catodi, è sprovvista di condensatore elettrolitico; la dissipazione è di 3 watt, dato il collegamento in controfase. L'elettrolitico in parallelo a R_{17} non è strettamente necessario, e solo perciò è stato eliminato; si può utilizzare un condensatore di 50 o 100 microfarad, da 50 volt lavoro.

Le resistenze R_{15} e R_{16} in serie alle griglie controllo sono invece sempre utili, in quanto eliminano oscillazioni spurie nello stadio finale.

Il trasformatore d'uscita è del tipo adatto per collegare due 6AQ5 con la bobina mobile dell'altoparlante; l'impedenza è di 8000 ohm primario e 3 ohm secondario. È un trasformatore comunissimo nei « fondi di magazzino » poichè un tempo veniva largamente utilizzato. Potendo scegliere è però bene dargli il posto d'onore nella spesa complessiva, poichè da esso dipende gran parte della qualità della riprodu-

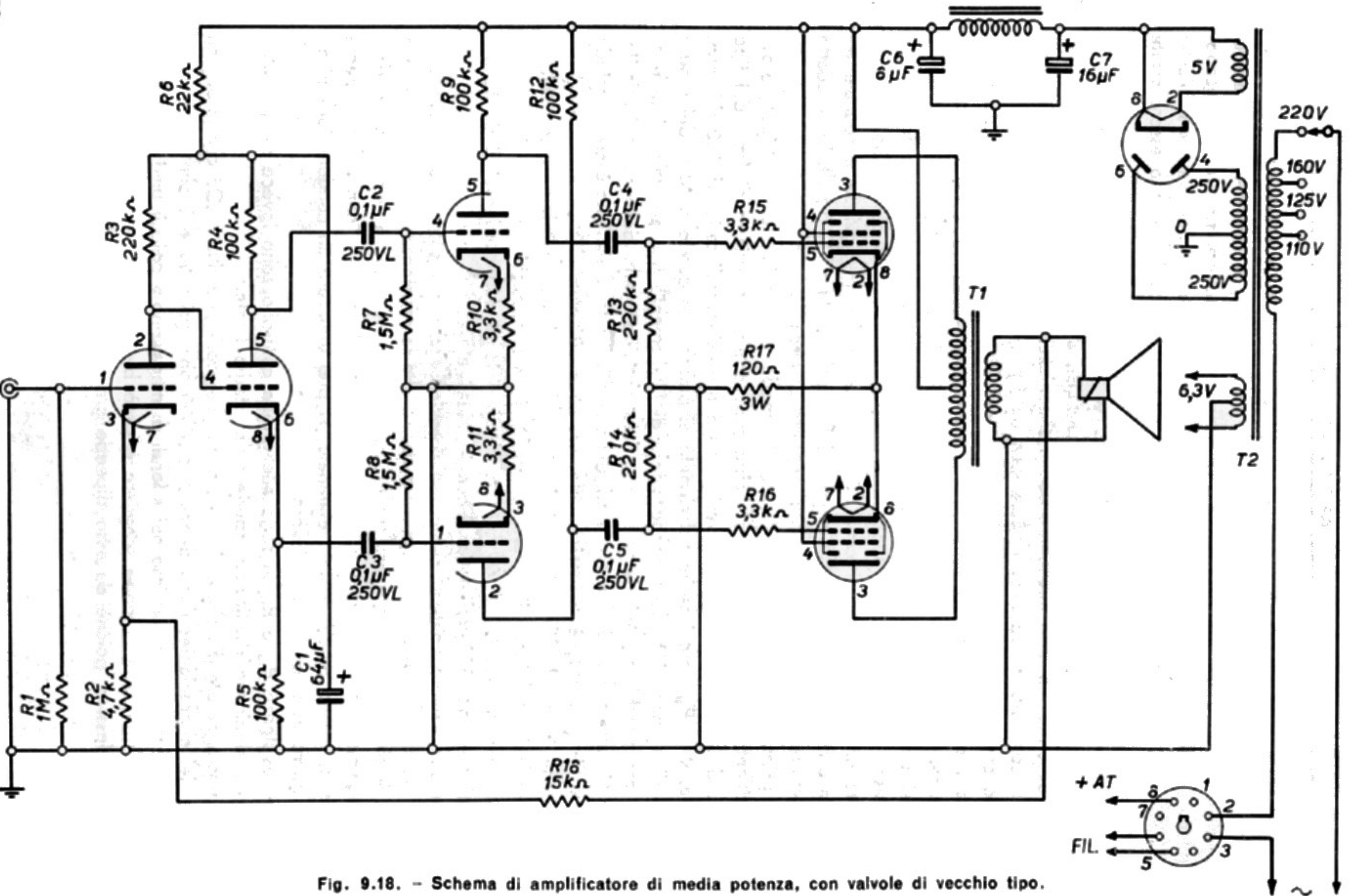


Fig. 9.18. – Schema di amplificatore di media potenza, con valvole di vecchio tipo.

zione sonora. Non è però opportuno preventivare una spesa maggiore per il trasformatore d'uscita, se essa va a scapito dell'altoparlante. Quest'ultimo deve essere adatto per la potenza sonora dell'amplificatore. È opportuno bilanciare al spesa tra questi due componenti.

Le valvole dello stadio pilota possono essere due EL34 o 6V6-GT di vecchissimo tipo; hanno le stesse caratteristiche delle 6AQ5-A.

Il *trasformatore d'alimentazione* ha un secondario AT capace di fornire 250-0-250 V a 150 mA, e due secondari BT a 6,3 volt - 4 A e 5 V - 3 A. Le correnti previste sono superiori a quelle richieste dall'amplificatore, e servono ad alimentare anche il pre-amplificatore. Uno *spinotto a prese multiple* rende agevole il prelievo della tensione di rete per il motorino del giradischi, nonchè le tensioni anodica e di accensione per il pre-amplificatore.

A rettificare la tensione anodica, che è successivamente livellata da un'*impedenza di 10 H - 150 mA*, provvede la *raddrizzatrice biplacca 5V4.*

Amplificatore ad alta fedeltà con due valvole finali EL 84.

La fig. 9.19 riporta lo schema di un amplificatore di tipo ad alta fedeltà, con due valvole finali in controfase noval EL 84, precedute da una valvola a doppio triodo ECC 83 la quale provvede all'amplificazione di tensione ed alla inversione di fase; la preamplificazione di tensione è affidata ad un pentodo EF 86.

La potenza di uscita ricavabile da questo amplificatore è di 11 watt; sono sufficienti 50 milliwatt all'ingresso della valvola preamplificatrice per ottenere la piena potenza di uscita con distorsione dell'1 per cento. Mediante l'impiego di questo pentodo finale e con parti di tipo normale, è stato possibile ottenere un responso di frequenza lineare, da una ottava inferiore alla frequenza di risonanza dei migliori altoparlanti fino ad una ottava superiore alla più alta frequenza udibile. La distorsione per intermodulazione è ad un valore estremamente basso, del 2 per cento con 8,2 watt di uscita. L'altoparlante impiegato è del tipo a bobina mobile di 7 ohm.

LO STADIO FINALE.

Lo stadio finale comprende, come detto, due pentodi finali EL 84, in controfase in classe AB. La tensione di polarizzazione negativa è ottenuta per caduta di tensione ai capi della resistenza R_{15} di catodo, comune alle due valvole; essa è del tipo a filo avvolto, della dissipazione di 3 watt, e con il 5 per cento di tolleranza. Le resistenze di griglia controllo, R_{12} ed R_{13}, sono di valore inferiore a quello comunemente usato per valvole con polarizzazione automatica, onde evitare la possibilità di sbilanciamenti del circuito finale, a causa di differenti correnti di griglia. Le griglie schermo sono alimentate attraverso una resistenza di griglia schermo comune alle due valvole per compensare gli eventuali sbilanciamenti dinamici. Esse non sono fugate a massa da alcun condensatore; in tal modo non risulta necessario selezionare due valvole aventi eguali caratteristiche.

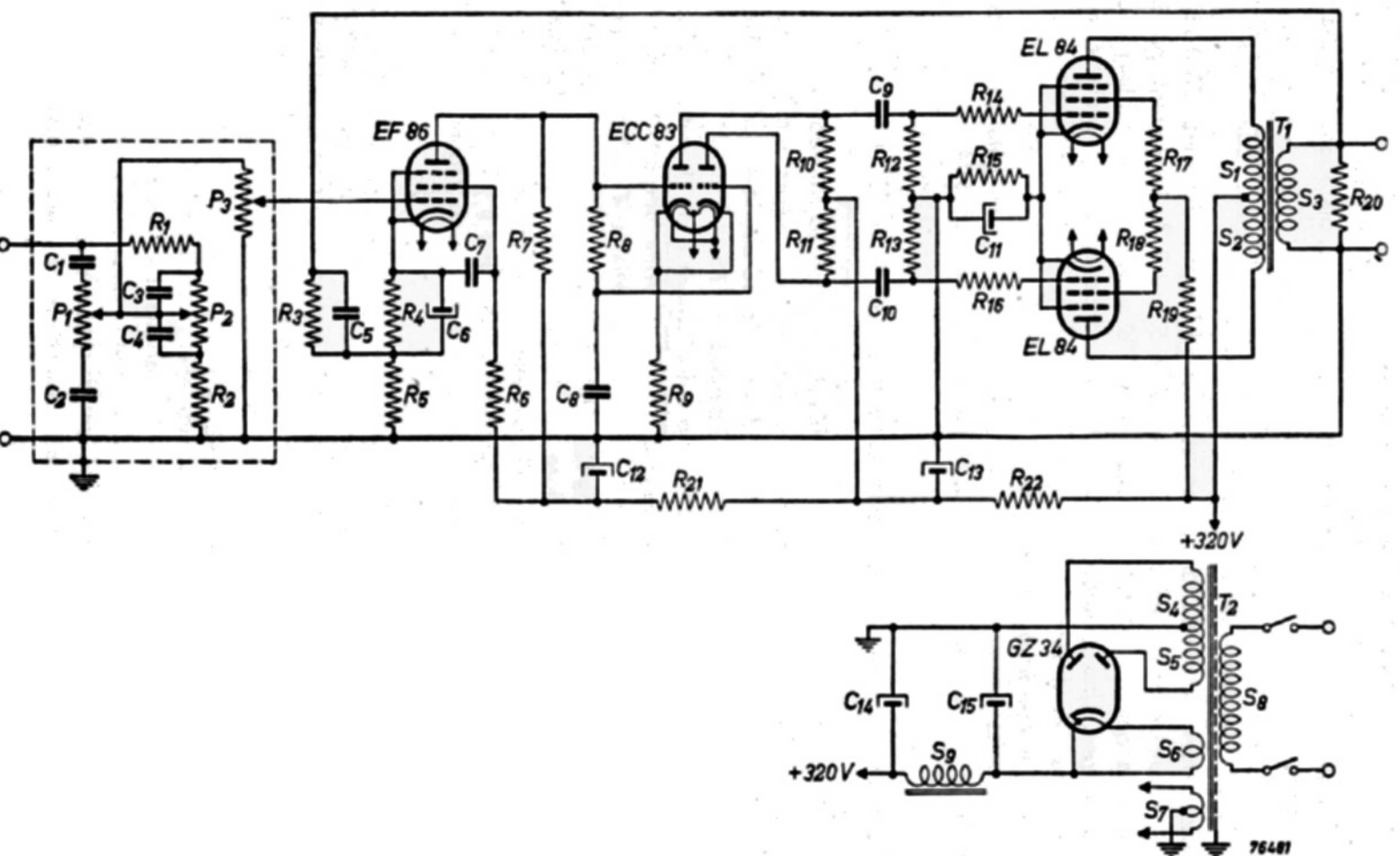


Fig. 9.19. - Schema di amplificatore ad alta fedeltà con due pentodi finali a larga banda, Noval EL 84, in controfase.

La reazione negativa introdotta dalla resistenza R_{19} è sufficiente a mantenere il bilanciamento, compensando i valori di tolleranza normali delle valvole EL 84.

Le resistenze smorzatrici R_{14} ed R_{16}, sono inserite nei circuiti di griglia controllo delle due valvole, mentre le altre due resistenze smorzatrici, R_{17} ed R_{18}, inserite nei circuiti di griglia schermo, hanno il compito di prevenire la formazione di oscillazioni a frequenza ultracustica.

Queste resistenze vanno montate direttamente sullo zoccolo delle valvole. La resistenza R_{20} è collegata in parallelo ai capi di uscita dell'avvolgimento secondario *S3* del trasformatore, allo scopo di prevenire instabilità nel caso di distacco della bobina mobile dell'altoparlante.

STADIO DI AMPLIFICAZIONE DI TENSIONE E INVERSIONE DI FASE.

L'amplificazione di tensione e l'inversione di fase, sono affidate ad un doppio triodo noval Philips ECC 83, ad elevato coefficiente di amplificazione. Il circuito è scelto per la bassa distorsione e le qualità di autobilanciamento consentite dall'eguale capacità di placca della valvola ECC 83. Con questo circuito il guadagno è circa metà di quello ottenibile con altri, ma per l'alta amplificazione della ECC 83, esso risulta sufficiente allo scopo.

Il segnale è applicato alla griglia della prima sezione della valvola, mentre la griglia della seconda sezione è messa a massa capacitativamente. L'accoppiamento tra i due stadi avviene tramite la resistenza di catodo R_9. Non è necessario che le due resistenze di placca R_{10} ed R_{11}, di 0,1 MΩ, siano esattamente eguali; allo scopo si possono impiegare due resistenze tarate al 10 per cento o al 5 per cento.

L'accoppiamento tra questo stadio e quello della preamplificatrice EF 86, avviene direttamente, con il vantaggio dell'assenza di spostamenti di fase alle frequenze molto basse e della stabilizzazione a queste frequenze.

LO STADIO PREAMPLIFICATORE.

La preamplificazione è affidata ad un pentodo noval Philips EF 86 in normale circuito con amplificazione di circa 200. Il condensatore di fuga di griglia schermo è connesso direttamente al catodo. Parte della resistenza di catodo R_5, di 10 ohm, non è fugata, e la tensione di controreazione è applicata ai capi di questa resistenza.

IL CIRCUITO DI CONTROREAZIONE.

La tensione per la controreazione negativa è prelevata dall'avvolgimento secondario del trasformatore di uscita e applicata tramite la resistenza R_8, di 2,2 kΩ, alla resistenza R_5 collegata al catodo della valvola preamplificatrice di tensione EF 86. La resistenza R_3 è di tipo particolare. Le normali resistenze non hanno comportamento sufficientemente lineare; il loro valore dipende dalla tensione applicata; ciò significa che il rapporto tensione/corrente non è lineare.

La mancanza di linearità in questa resistenza si tradurrebbe in distorsione per intermodulazione, e perciò non è possibile impiegare resistenze a carbone di questo tipo nel circuito di controreazione. Neppure le resistenze a filo possono venir impiegate, a causa della loro induttanza.

Resistenze a carbone pressato di buona qualità sono adatte all'impiego nei circuiti di controreazione e va perciò data preferenza a questi tipi. La loro tolleranza deve essere del 5 per cento o migliore.

La resistenza R_3 si trova in parallelo al condensatore C_5 di 1 500 pF. Questo condensatore ha lo scopo di evitare instabilità a frequenze ultrasoniche.

I CONTROLLI DI TONO E DI VOLUME.

Tutti i controlli sono indipendenti dai circuiti di controreazione, allo scopo di evitare l'introduzione di spostamenti di fase. Tutti i componenti dei controlli vanno schermati. Se necessario, è possibile porre i controlli in schermi separati posti su un pannello separato, provvedendo alle connessioni mediante brevi conduttori schermati a bassa capacità.

I potenziometri P_1 e P_2 servono a regolare rispettivamente le note acute e quelle basse. Le relative curve di regolazione sono indicate nel grafico di fig. 9.20. La

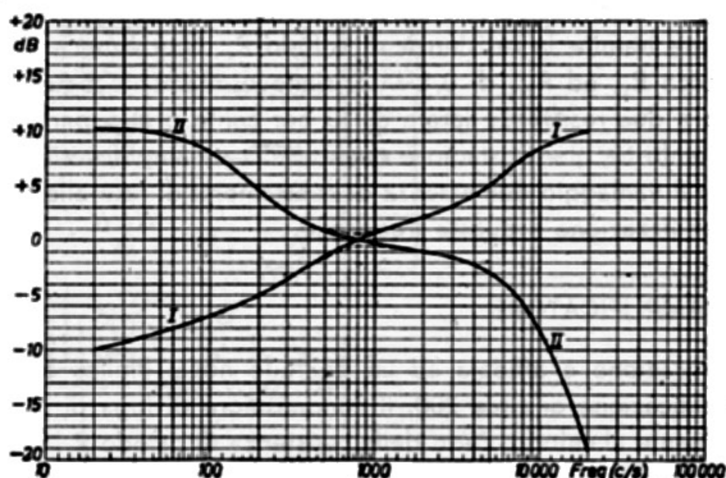


Fig. 9.20. - Responso di frequenza; 1° con i potenziometri P1 al massimo e P2 al minimo; 2° con i potenziometri P1 al minimo e P2 al massimo.

curva I si riferisce al controllo degli acuti al massimo e dei bassi al minimo, la curva II, all'opposto, con il controllo P_1 al minimo e quello P_2 al massimo. Le curve ottenibili mediante la regolazione di entrambi i controlli possono essere dedotte da queste.

Impiegando due potenziometri ad andamento logaritmico, la posizione di zero corrisponde a metà corsa. Il controllo di volume è un potenziometro logaritmico di

1 MΩ. Il circuito di ingresso è adatto per un fonorivelatore piezoelettrico, con capacità di circa 2 000 picofarad, corrispondente alla maggioranza dei tipi che si trovano attualmente in commercio.

IL TRASFORMATORE DI USCITA.

Negli amplificatori ad alta fedeltà, il trasformatore di uscita ha grande importanza. I trasformatori di elevata qualità vengono generalmente avvolti su costoso nucleo di alloy. Spesso vengono adottati avvolgimenti particolari ed il trasformatore può venir collegato a differenti impedenze di carico. Tutte queste caratteristiche rendono il trasformatore di uscita assai costoso.

Per questo amplificatore può venir usato un trasformatore di basso costo realizzato con normali lamelle per trasformatori. Nonostante ciò, la qualità di riproduzione ottenuta eguaglia quella degli amplificatori più costosi. Non è previsto il collegamento di carichi a diversa impedenza; il trasformatore consente l'adattamento del carico ottimo delle due valvole di potenza EL 84 con quello rappresentato dalla bobina mobile di 7 ohm dell'altoparlante.

L'avvolgimento primario è costituito di quattro sezioni in parallelo, collegate a due a due, e tra queste altri due avvolgimenti pure collegati in parallelo. La capacità del primario è egualmente distribuita avvolgendo due delle sezioni primarie in direzione opposta a quella degli avvolgimenti rimanenti; la resistenza ohmica delle due metà complessive dell'avvolgimento primario risulta eguale per la connessione in parallelo del primo con il quarto avvolgimento e del secondo con il terzo.

I dati del nucleo di ferro sono i seguenti (fig. 9.21):

Lamelle normali al ferrosilicio, spessore	0,5 mm
Ingombro complessivo	84 × 70 mm
Larghezza del nucleo	28 mm
Altezza del nucleo	8 mm
Traferro	assente
Sezione della colonna centrale	7,86 cm^2

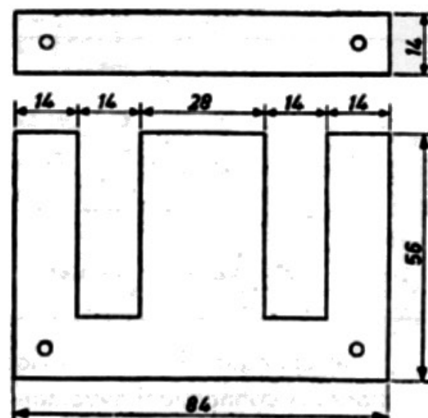


Fig. 9.21. - Dimensione del nucleo del trasformatore di uscita.

I dettagli per l'avvolgimento sono riportati in tabella.

AVVOLGIMENTI DEL TRASFORMATORE DI USCITA

Avvolgimento	Numero di spire	Spessore del filo rame smaltato	Lunghezza dell'avvolgimento mm	Numero strati	Isolamento tra gli strati
P1	1650	0,11	34	7	30 μ carta
S1	96	0,6	34	2	0,1 mm presspahn
P2	1650	0,11	34	7	30 μ carta
P3	1650	0,11	34	7	30 μ carta
S2	96	0,6	34	2	0,1 mm presspahn
P4	1650	0,11	34	7	30 μ carta

L'isolamento tra gli avvolgimenti va fatto mediante uno strato di carta presspahn di 0,1 mm ed uno strato di carta di 60 micron.

Avvolgendo P_1 e P_2 in senso orario, occorre avvolgere tutti i rimanenti strati in senso antiorario. V. fig. 9.22.

Gli avvolgimenti collegati in parallelo sono i seguenti:

P_1 e P_4 che costituiscono la prima metà del primario,

P_2 e P_3 che costituiscono la seconda metà del primario,

S_1 e S_2 che costituiscono il secondario.

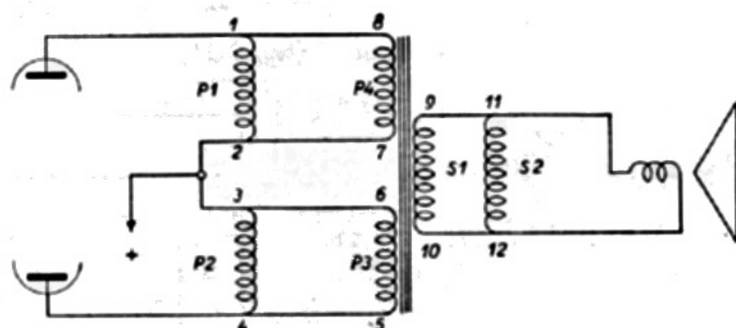


Fig. 9.22. - Disposizione degli avvolgimenti del primario e del secondario.

Nel collegare P_1 e P_4 va ricordato che questi avvolgimenti sono avvolti in senso contrario. A connessioni avvenute, ogni metà del primario ha una resistenza di 240 ohm ed il secondario la resistenza di 0,4 ohm.

Collegando il carico di 7 ohm al secondario del trasformatore, l'impedenza primaria risulta di 8 000 ohm. L'induttanza primaria, misurata a 10 volt e 50 cicli, è di 40 henry.

LO STADIO DI ALIMENTAZIONE.

Il trasformatore di alimentazione deve fornire le seguenti tensioni e correnti: 2 × 280 V e 130 mA; 6,3 V e 2 A; 5 V e 1,9 A. La corrente massima di catodo della valvola finale è, a massimo segnale, di 115 mA, per cui occorre impiegare una valvola raddrizzatrice ad elevata emissione quale la GZ 34. Nel caso di amplificatori ad elevata fedeltà, l'alimentatore si trova generalmente su un telaio separato, allo scopo di ridurre il ronzio di fondo dell'amplificatore. Nel caso che il trasformatore venga installato sullo stesso telaio dell'amplificatore, occorre che l'induzione nel nucleo del trasformatore sia ridotta onde rendere trascurabile il campo magnetico disperso.

La tensione anodica è livellata mediante una impedenza ed un condensatore elettrolitico doppio da 2 × 50 µF. La tensione anodica, per le valvole preamplificatrici, è ottenuta tramite ulteriori filtri costituiti dalle resistenze R_{22} ed R_{21} ed un altro condensatore elettrolitico doppio di 2 × 50 µF.

IL TRASFORMATORE DI ALIMENTAZIONE.

I dati del trasformatore elencati, si riferiscono ad una densità di flusso di 11 000 linee per centimetro quadrato. Sebbene sia sempre raccomandabile l'impiego di un telaio separato, pur tuttavia questo trasformatore può venir installato sullo stesso telaio dell'amplificatore. Poichè la maggior parte dei trasformatori per apparecchi radioriceventi posseggono un flusso di circa 14 000 linee per centimetro quadrato, volendo impiegarne uno già pronto e sul quale vi siano dubbi circa la densità del flusso adottato, è opportuno impiegare un telaio separato. Il trasformatore previsto è per una tensione primaria di 220 volt a 50 cicli. La sezione del nucleo centrale è di 13 centimetri quadrati. I dati costruttivi sono riportati nella seguente tabella.

AVVOLGIMENTI DEL TRASFORMATORE DI ALIMENTAZIONE

Avvolgimento	Tensione V	Corrente A	N. di spire	Resistenza Ω	Spessore del filo
S8	220	0,45	650	12	0,45 mm
S4	280	0,120	825	56	0,25 mm
S5	280	0,120	825	59	0,25 mm
S6	5	1,9	15		1 mm
S7	6,3	2	2 × 10		1 mm

Tutti gli avvolgimenti sono in filo di rame smaltato.

CONSIDERAZIONI GENERALI.

Nel caso che il trasformatore di alimentazione venga installato sullo stesso telaio dell'amplificatore, occorre avere l'avvertenza di disporre il nucleo del trasformatore di alimentazione perpendicolarmente ai nuclei del trasformatore di uscita e dell'im-

TENSIONI E CORRENTI

(Le misure di tensione sono state effettuate con voltmetro a valvola, in assenza di segnale, e rispetto al telaio).

Alimentatore	Tensione ai capi di C15 Tensione ai capi di C14 Tensione ai capi di C13 Tensione ai capi di C12 Corrente continua totale	335 V 320 V 260 V 215 V 79 mA
EL 84 (I) e EL 84 (II)	Tensione anodica Tensione griglia-schermo Tensione catodica Corrente anodica Corrente griglia-schermo	310 V 290 V 10,2 V 35 mA 3,8 mA
ECC 83 (ambedue le sezioni)	Tensione anodica Tensione catodica Corrente anodica Corrente totale catodica	196 V 87 V 0,64 mA 1,28 mA
EF 86	Tensione anodica Tensione griglia-schermo Tensione catodica Corrente catodica	86 V 75 V 1,9 V 0,86 mA

PARTI COMPONENTI NECESSARIE

RESISTENZE

Simbolo	Tipo	Valore	Potenza dissipata (W)
R1	Carbone	1,5 MΩ	1/4
R2	Carbone	150 kΩ	1/4
R3	Carbone	2,2 kΩ	1/4
R4	Carbone	2,2 kΩ	1/4
R5	Carbone	10 Ω	1/4
R6	Carbone	1 MΩ	1/4
R7	Carbone	180 kΩ	1
R8	Carbone	1,2 MΩ	1/4
R9	Carbone	68 kΩ	1/2
R10	Carbone	0,1 MΩ	1/2
R11	Carbone	0,1 MΩ	1 2
R12	Carbone	0,33 MΩ	1/4
R13	Carbone	0,33 MΩ	1/4
R14	Carbone	1 kΩ	1/4
R15	A filo	130 Ω	3
R16	Carbone	1 kΩ	1/4
R17	Carbone	220 Ω	1/4
R18	Carbone	220 Ω	1/4
R19	Carbone	3,9 kΩ	1
R20	Carbone	1 kΩ	1/4
R21	Carbone	47 kΩ	1/2
R22	Carbone	27 kΩ	1/2

P1 Potenziometro a carbone 2,5 MΩ
P2 Potenziometro a carbone 2,5 MΩ
P3 Potenziometro a carbone 1 MΩ

CONDENSATORI

Simbolo	Tipo	Valore	Tensione di lavoro (V)
C1	Ceramico	33 pF	
C2	Ceramico	680 pF	
C3	Ceramico	270 pF	
C4	Carta	3300 pF	
C5	Mica	1500 pF	
C6	Elettrolit.	100 µF	12,5
C7	Carta	47 000 pF	400
C8	Carta	0,1 µF	400
C9	Carta	0,1 µF	400
C10	Carta	0,1 µF	400
C11	Elettrolit.	100 µF	25
C12 } C13 }	Doppio Elettrolit.	50+50 µF	355/400
C14 } C15 }	Doppio Elettrolit.	50+50 µF	355/400

T1 Trasformatore d'uscita (vedi testo)

T2 Trasformatore d'alimentaz. (vedi testo)

Impedenza livellatrice
S9 Tipo 7833
L = 8 H; R = 200 Ω
Imax = 115 mA

pedenza di filtro. Tutti i componenti riguardanti l'alimentazione devono essere ben distanziati dai circuiti di entrata dell'amplificatore.

Per prevenire suoni striduli, a causa di inneschi e rumore di fondo, i ritorni a massa di ogni stadio vanno collegati alla ghiera centrale dello zoccolo portavalvola corrispondente. Le ghiere vanno quindi poste a massa con un singolo conduttore in prossimità dei terminali di ingresso.

Il circuito di ingresso dell'amplificatore è stato particolarmente previsto per l'impiego con fonorivelatore a cristallo piezoelettrico. Nel caso di impiego di fonorivelatore elettrodinamico, occorre provvedere ad ulteriore preamplificazione mediante altra valvola EF 86; questo stadio deve venir completamente schermato e adattato alla frequenza di responso di questo tipo di fonorivelatore.

L'altoparlante impiegato con questo amplificatore deve essere di ottima qualità con buon responso fino a 15 000 cicli. L'impedenza della bobina di questo altoparlante deve essere indipendente dalla frequenza, ciò significa che le curve di responso di frequenza date, devono risultare valide anche con l'altoparlante collegato.

Amplificatore ad alta fedeltà con due pentodi EL 84.

Il pentodo EL84 è particolarmente adatto per essere impiegato in stadi finali in controfase che richiedono buona qualità di riproduzione. Le buone caratteristiche di resa, ottenibili con un normale circuito, possono essere ancora migliorate facendo lavorare la valvola con *carico ridotto*, pur ottenendo in tali condizioni una diminuzione di potenza d'uscita.

Le caratteristiche dell'amplificatore realizzato secondo questo principio possono così riassumersi:

- Risposta in frequenza — lineare entro 1 dB da 10 c/s a 20 Kc/s
- Potenza d'uscita — 10 watt
- Distorsione — 0,1 %

Per ottenere ciò sono state modificate le polarizzazioni catodiche dei pentodi finali ed è stato impiegato un trasformatore d'uscita avente una impedenza primaria più bassa di quella normalmente richiesta per questi pentodi.

Lo schema di fig. 9.23 si riferisce all'amplificatore con carico normale. Le prestazioni in tali condizioni sono:

- Potenza d'uscita — superiore ai 10 watt
- Distorsione — 0,3 %
- Frequenze fedelmente riprodotte da 30 a 15 Kc/s $\pm$ 1 dB

Per realizzare l'amplificatore a carico ridotto occorre portare R_{13} e R_{14} a 390 ohm.

Il *trasformatore d'uscita* ha un primario di 8000 ohm di impedenza, nel caso di realizzazione normale; richiede, invece, soltanto 6000 ohm per l'amplificatore con carico ridotto.

La *pre-amplificazione* è affidata alla prima sezione triodica della valvola ECC83, mentre il secondo triodo della stessa valvola ha la funzione di *invertitore di fase*.

Un potenziometro da 100 ohm a filo, inserito nel circuito di catodo delle finali serve al *controllo di bilanciamento*.

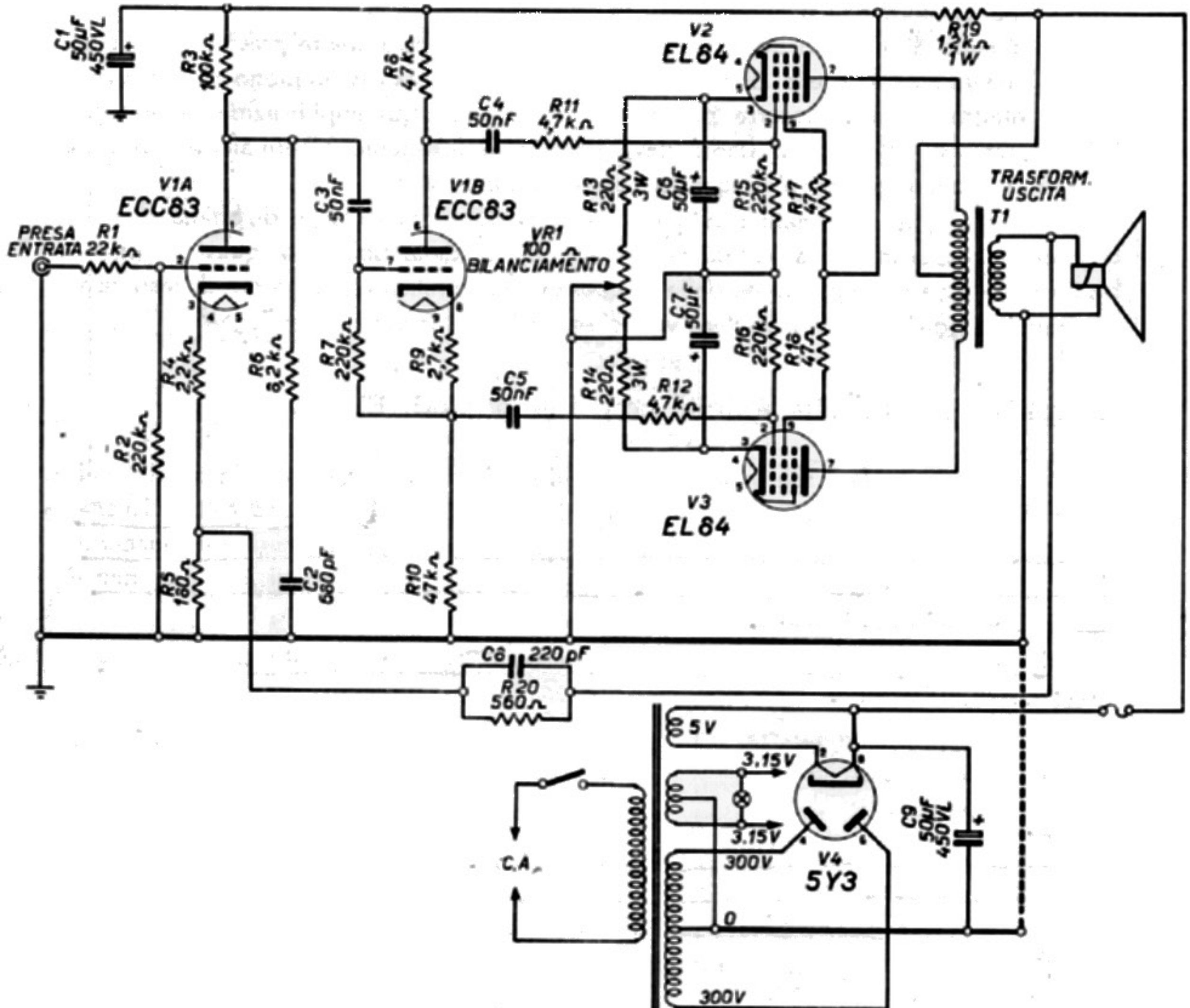


Fig. 9.23. - Schema di amplificatore con due EL84 in stadio finale in controfase, a catodi separati.

Le resistenze R_5 - R_8 - R_{10} - R_{13} - R_{14} devono essere al 5 % di tolleranza.

L'*alimentatore* fornisce + 300 V di tensione anodica e 6,3 V per l'accensione.

L'avvolgimento a 6,3 V è del tipo a presa centrale, posta a massa.

Un secondo avvolgimento a 5 V alimenta il filamento della raddrizzatrice biplacca 5Y3.

(L'amplificatore indicato può venir convenientemente preceduto dal pre-amplificatore di fig. 9.24).

Preamplificatore per complesso ad alta fedeltà.

Un pre-amplificatore dalle caratteristiche veramente eccezionali, ben adatto per complessi ad alta fedeltà, può essere realizzato secondo lo schema di fig. 9.24.

Le *prese di entrata* sono tre, rispettivamente per dischi, radio e magnetofono, e ciascuna è munita del proprio regolatore d'ampiezza del segnale in arrivo.

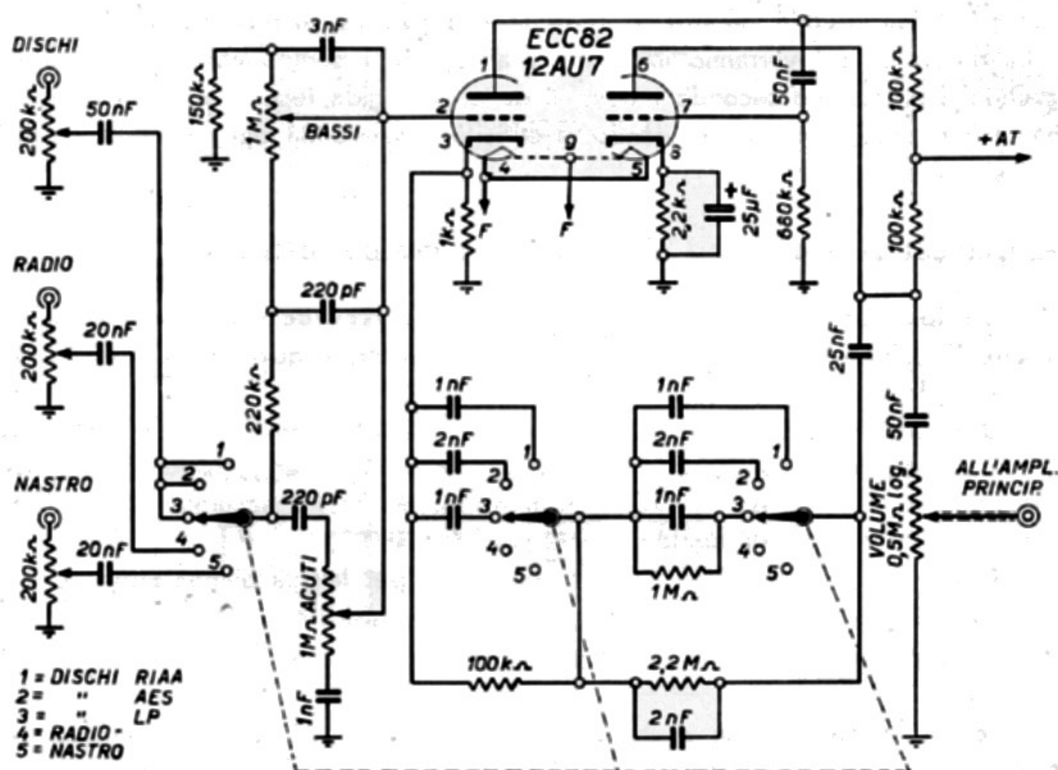


Fig. 9.24. – Schema di preamplificatore con doppio-triodo, adatto per l'amplificatore di cui la figura precedente.

Esse fanno capo al *selettore* a cinque posizioni e tre vie, che provvede alla commutazione dei circuiti d'ingresso, d'equalizzazione e di controreazione.

Un potenziometro di 1 Mohm lineare unito a filtri a resistenza-capacità, costituisce il *controllo di risposta dei toni bassi.*

Analogamente, un secondo potenziometro lineare da 1 Mohm presiede al *controllo di risposta dei toni alti*.

La valvola impiegata è il *doppio triodo* ECC82, equivalente al tipo americano 12AU7.

Dalla placca del secondo triodo, un condensatore da 25 nF preleva una parte di segnale, necessario alla *controreazione*, e un condensatore da 50 nF, invece, preleva il segnale d'uscita da applicare all'amplificatore vero e proprio.

Qui è inserito un potenziometro da 0,5 megaohm a variazione logaritmica, che funge da *controllo di volume*.

Non è previsto alimentatore alcuno in quanto le tensioni d'anodica e d'accensione necessarie sono prelevate dall'alimentatore dell'amplificatore a cui va accoppiato.

Nella realizzazione pratica di questo pre-amplificatore occorre tener presente che gli ottimi risultati previsti in sede teorica possono essere conseguiti soltanto nella misura in cui verranno impiegati esattamente i componenti indicati ed eseguendo il montaggio secondo i dettami della più rigida tecnica d'amplificazione di bassa frequenza, non sottovalutando la criticità e sensibilità dei circuiti in oggetto.

Amplificatore ibrido ad alta fedeltà, a carico distribuito.

Un tipico esempio di *amplificatore ibrido*, che prevede cioè l'impiego di stadi di amplificazione a valvole uniti a stadi con transistor, è quello di cui la fig. 9.25 riproduce lo schema.

Una valvola doppio triodo ECC81 svolge il ruolo di pre-amplificatrice e invertitrice di fase; tra i due stadi è inserito un terzo stadio amplificatore a transistor, che impiega il comunissimo OC71. Il transistor va scelto accuratamente, affinchè non introduca rumore di fondo.

Questi trae le tensioni e correnti necessarie per la sua alimentazione dai circuiti stessi in cui è inserito, mediante opportune resistenze.

L'accoppiamento con gli stadi precedente e seguente è perciò a resistenza-capacità.

Lo stadio finale è un push-pull con due EL84 in circuito *ultralineare*, detto anche *con carico distribuito*.

La particolarità di questo circuito consiste nel sistema di alimentazione delle griglie schermo, che è ottenuta per mezzo di due prese intermedie effettuate sul primario del trasformatore d'uscita.

In tal modo si viene ad applicare una controreazione allo stadio finale, che aumenta notevolmente la fedeltà di riproduzione.

Il *trasformatore d'uscita* ha il primario di 7000 ohm di impedenza tra anodo e anodo, ed è munito di due prese al 20 % per le griglie schermo.

Il trasformatore d'alimentazione ha un primario universale, un secondario AT da 350-0-350 volt e 100 mA, un secondario a 6,3 V e 1,9 A per i filamenti delle V_1 - V_2 - V_3, ed un altro secondario a 6,3 V e 1 A per l'accensione della raddrizzatrice EZ81.

Le resistenze R_2 - R_{13} - R_{14} - R_{15} sono al 5 %; R_8 e R_9 sono all'1 % e ad alta stabilità.

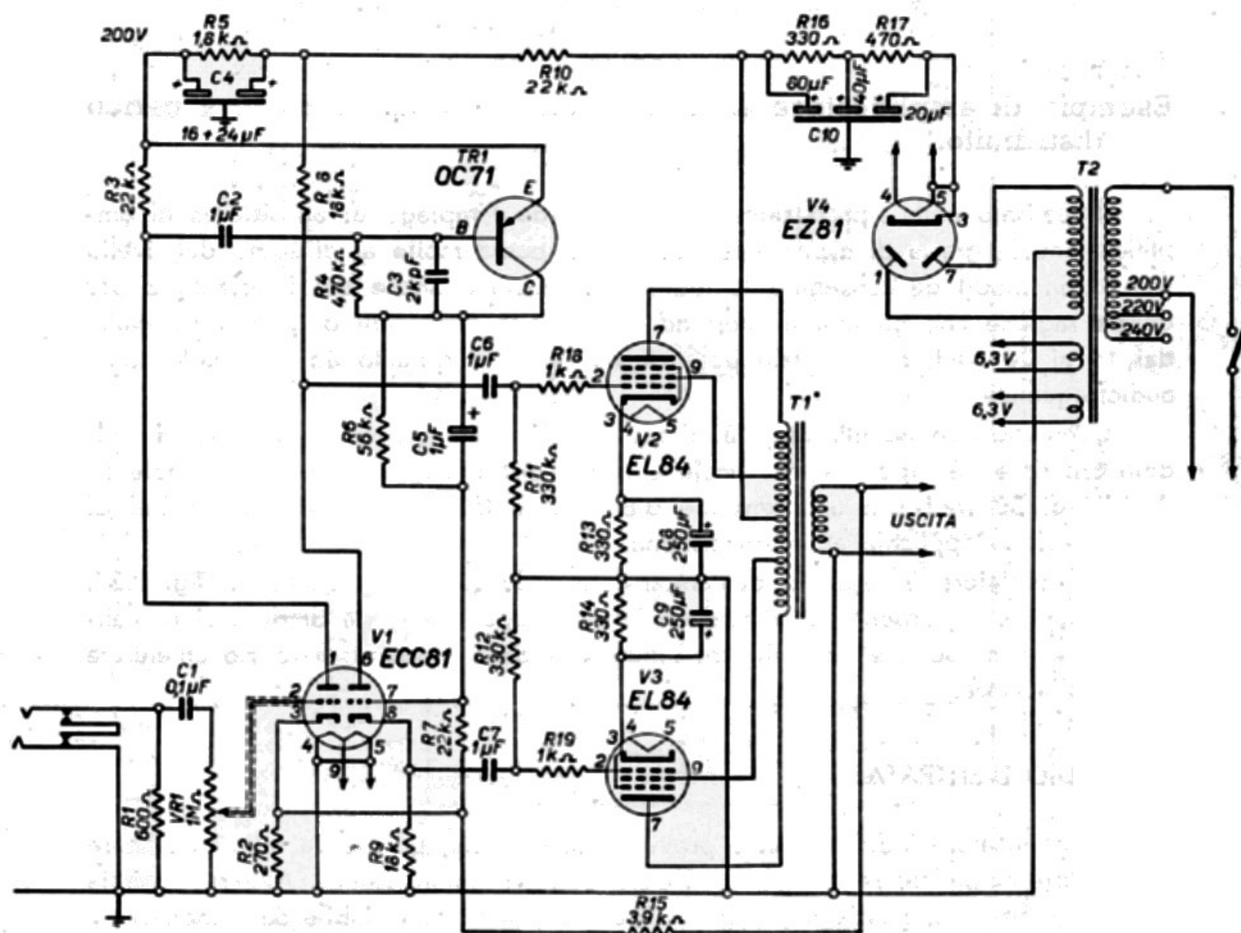


Fig. 9.25. – Schema di amplificatore ad alta fedeltà, di tipo ultralineare, con due finali EL84, una ECC83 e un transistor OC71.

Il potenziometro RV_1 da 1 megaohm logaritmico assicura *il controllo di volume.*

Il condensatore elettronico C_4 è a 350 VL; C_8 e C_6 sono a 25 VL; C_{10} è a 450 VL. Le resistenze R_{16} e R_{17} sono ad alta dissipazione; esse evitano l'impiego di una o due impedenze BF e il conseguente pericolo di rumore di rete.

Le prestazioni sono le seguenti:

— Potenza d'uscita	10 W
— Distorsione	0,1 % a 7,5 W d'uscita
— Risposta in frequenza	da 10 c/s a 30 Kc/s ± 3 dB
— Rapporto segnale/disturbo	— 90 dB (0 dB = 10 W)
— Controreazione	19 dB

Esempio di amplificatore ad alta fedeltà, con stadio finale a carico distribuito.

Il realismo nella riproduzione sonora richiede l'impiego di un sistema di amplificazione in grado di ospitare le potenze di punta molto al di sopra del livello sonoro, in modo da consentire la fedele riproduzione anche dei transienti. È per questa ragione che gli amplificatori ad alta fedeltà sono tutti di potenza elevata, dai 15 ai 20 watt, benchè tale potenza sia riservata soltanto ad una parte delle audiofrequenze.

L'amplificatore ad alta fedeltà di fig. 9.26 è stato progettato in base ai suddetti criteri; è del tipo a stadio finale a carico distribuito, e consente una potenza d'uscita di 30 watt con una tensione d'entrata di 0,225 volt, con 30 decibel di controreazione applicata all'intero sistema.

L'alimentatore è separato dall'amplificatore; lo schema è quello di fig. 9.27. Tale separazione consente di evitare un telaio troppo grande, e di distanziare l'alimentatore in modo tale da eliminare l'induzione della tensione di ronzio all'entrata dell'amplificatore.

LO STADIO D'ENTRATA.

L'amplificatore indicato non è provvisto di controlli, poichè va fatto funzionare con un pre-amplificatore adeguato, oppure con un sintonizzatore. Alla sua entrata vi è un *controllo di guadagno*, costituito da una resistenza variabile da 1 megaohm; va regolato una volta tanto.

Una notevole amplificazione di tensione, con ottimo rapporto segnale/disturbo, è ottenuta mediante un pentodo a basso rumore EF86. La controreazione è applicata al suo catodo, tramite una *rete di attenuazione di frequenza* formata da C_{10} e R_{14}.

Le resistenze di questo stadio, R_1, R_2, R_3 e R_4, sono di tipo particolare, a carbone pressato. La placca della EF86 è direttamente collegata alla griglia controllo della V_2A, in modo da evitare la deviazione di frequenza causata dal condensatore di accoppiamento, e assicurare un'altra stabilità dello stadio, anche alle frequenze più basse.

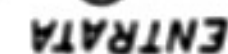


Fig. 9.26. - Schema di amplificatore ad alta fedeltà, di tipo ultralineare, con due EL34 finali, da 20 watt di resa d'uscita.

LO STADIO PILOTA E INVERTITORE DI FASE.

I due triodi di una ECC83 (V_2) funzionano da pilota e da invertitore di fase; hanno i catodi collegati insieme, e collegati a massa tramite la resistenza R_8 di 82 000 ohm; ciò consente il collegamento diretto del triodo (V_2A) con la placca della EF86. La griglia dell'altro triodo (V_2B) è a massa, tramite il condensatore C_6 da 0,25 microfarad. Questo particolare tipo di invertitore di fase è particolarmente bene adatto per le frequenze audio più elevate.

Fig. 9.27. – Schema dell'alimentatore dell'amplificatore di fig. 9.26.

LO STADIO FINALE.

Due pentodi EL34 provvedono all'amplificazione finale di potenza, in stadio in controfase del tipo a carico distribuito, detto anche ultralineare. Le quattro resistenze d'entrata R_{10}, R_{11}, R_{12} e R_{13} devono essere di valore preciso, per evitare segnali di diversa ampiezza; la tolleranza adeguata è quella del 5 per cento.

I catodi delle due finali sono separati, come sempre avviene in circuiti di questo

tipo. Le griglie schermo sono collegate a due apposite prese d'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita (A) e (C); le prese sono effettuate al 20 per cento del primario.

IL TRASFORMATORE D'USCITA.

È in grado di trasferire tutta la potenza d'uscita, di 20 watt, entro la gamma delle audiofrequenze, da 30 a 20 000 cicli. Il primario è di 7000 ohm, con le due prese per le griglie schermo; l'induttanza primaria è di 225 henry, adatta per la buona amplificazione anche delle frequenze più basse. L'avvolgimento secondario è provvisto di prese a 1,7 ohm, 3 ohm, 7 ohm e 15 ohm.

L'ALIMENTATORE.

Utilizza una valvola raddrizzatrice GZ34 adatta per fornire la tensione anodica di 465 volt alla corrente di 180 milliampere. Il trasformatore di tensione è provvisto di un primario di 410-0-410 volt, a 180 milliampere, e tre secondari, uno a 5 volt e 3 ampere per la valvola raddrizzatrice, uno a 6,3 volt e 5 ampere per l'accensione delle valvole dell'amplificatore (esse assorbono però soltanto 3,5 ampere, per cui rimane disponibile una corrente di 1,5 ampere), ed un terzo secondario a 6,3 volt e 2 ampere, a disposizione del sintonizzatore o del pre-amplificatore.

La tensione anodica per il sintonizzatore e per il pre-amplificatore è prelevata da quella massima disponibile, all'uscita del filtro livellatore, tramite le due resistenze R_{25} e R_{26}; l'assorbimento totale non deve superare i 40 milliampere.

I COMPONENTI.

Tutte le resistenze sono da mezzo watt, 10 per cento di tolleranza, ad eccezione di R_1, R_2, R_3 e R_4 che sono del tipo ad alta stabilità, nonchè di R_{10}, R_{11}, R_{12} e R_{13} che devono essere precise, al 5 per cento, ed R_{17} e R_{18}, al 5 per cento, da 3 watt, a filo avvolto. La resistenza R_{25} è formata da due resistenze di 18 000 ohm, da 1 watt, in parallelo; può venir variata a seconda della richiesta di corrente anodica; infine, R_{26} è da 3000 ohm, 3 watt.

Il condensatore C_3 è del tipo a mica argentata; i condensatori elettrolitici devono essere in grado di sopportare le alte tensioni di lavoro; C_{13} e C_{14} sono a 600 VL; C_5, C_7, C_{15} e C_{16} sono a 500 VL.

Amplificatori di tipo sperimentale.

Per i dilettanti costruttori, disposti ad affrontare incognite tecniche, riuscendo a volte a raggiungere risultati insperabili con circuiti normali, può riuscire interessante l'amplificatore di fig. 9.28. La sola variante notevole è costituita dai due avvolgimenti terziari di cui è provvisto il trasformatore d'uscita, utilizzati in serie tra di

loro (L_5 e L_8). ed in serie con la resistenza di catodo del primo triodo (V_1A). È una particolare forma di controreazione, con la quale si possono ottenere alcuni notevoli vantaggi.

Il trasformatore d'uscita ha le due parti del primario suddivise in due parti eguali, L_1 e L_2 nonchè L_3 e L_4. I due terziari sono avvolti rispettivamente su L_1 e L_4, e consistono di 12 spire. Il secondario è formato da L_6 e L_7.

Per il resto lo schema non presenta particolarità. Sono usate due valvole ECL82, con i pentodi in controfase, e i triodi in circuito amplificatore di tensione e invertitore di fase.

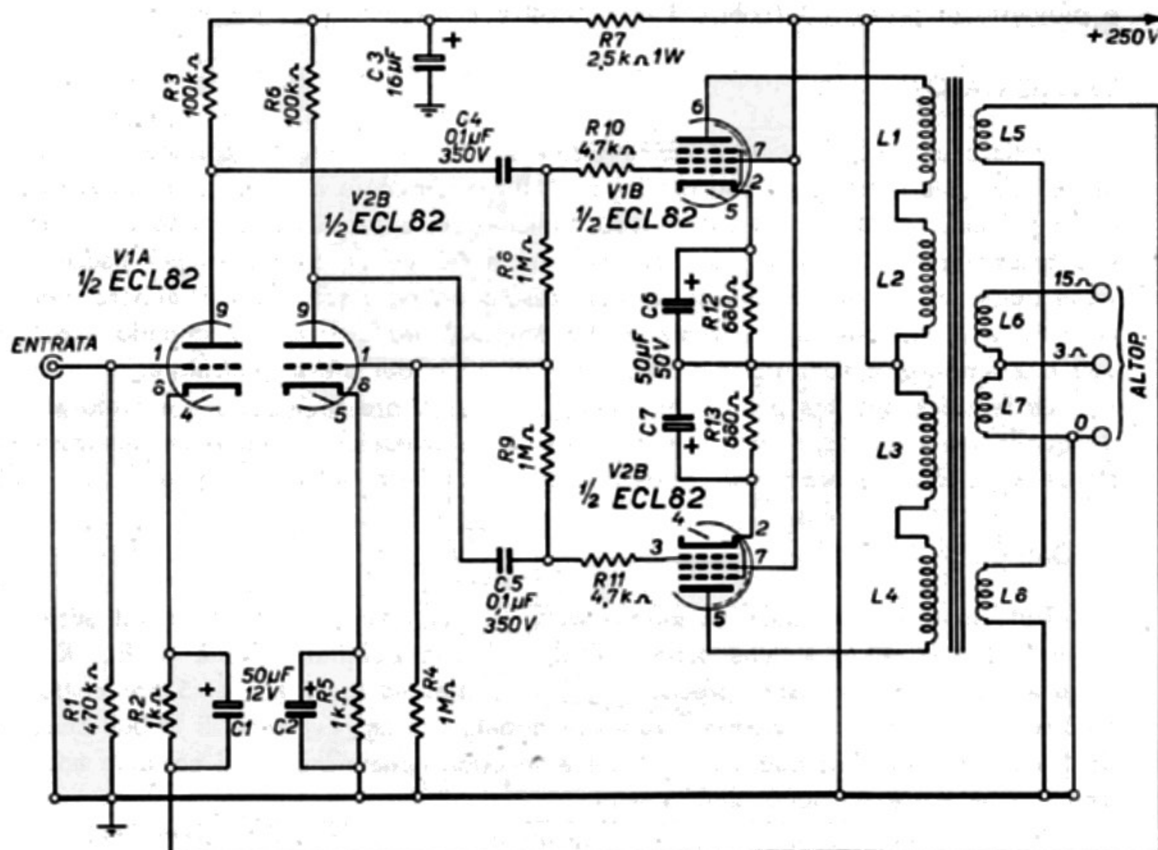


Fig. 9.28. – Schema di amplificatore di tipo sperimentale, con trasformatore d'uscita provvisto di avvolgimenti terziari.

Un altro amplificatore di tipo sperimentale è quello di fig. 9.29. La sua caratteristica essenziale è di essere sprovvisto di valvola invertitrice di fase, pur funzionando con due valvole finali in controfase. Anch'esso funziona con due valvole ECL82, però i due triodi sono ambedue in stadi d'amplificazione di tensione, ciò che consente l'uso dei due controlli di responso, per i toni alti e per i toni bassi, con le resistenze variabili RV_2 e RV_3.

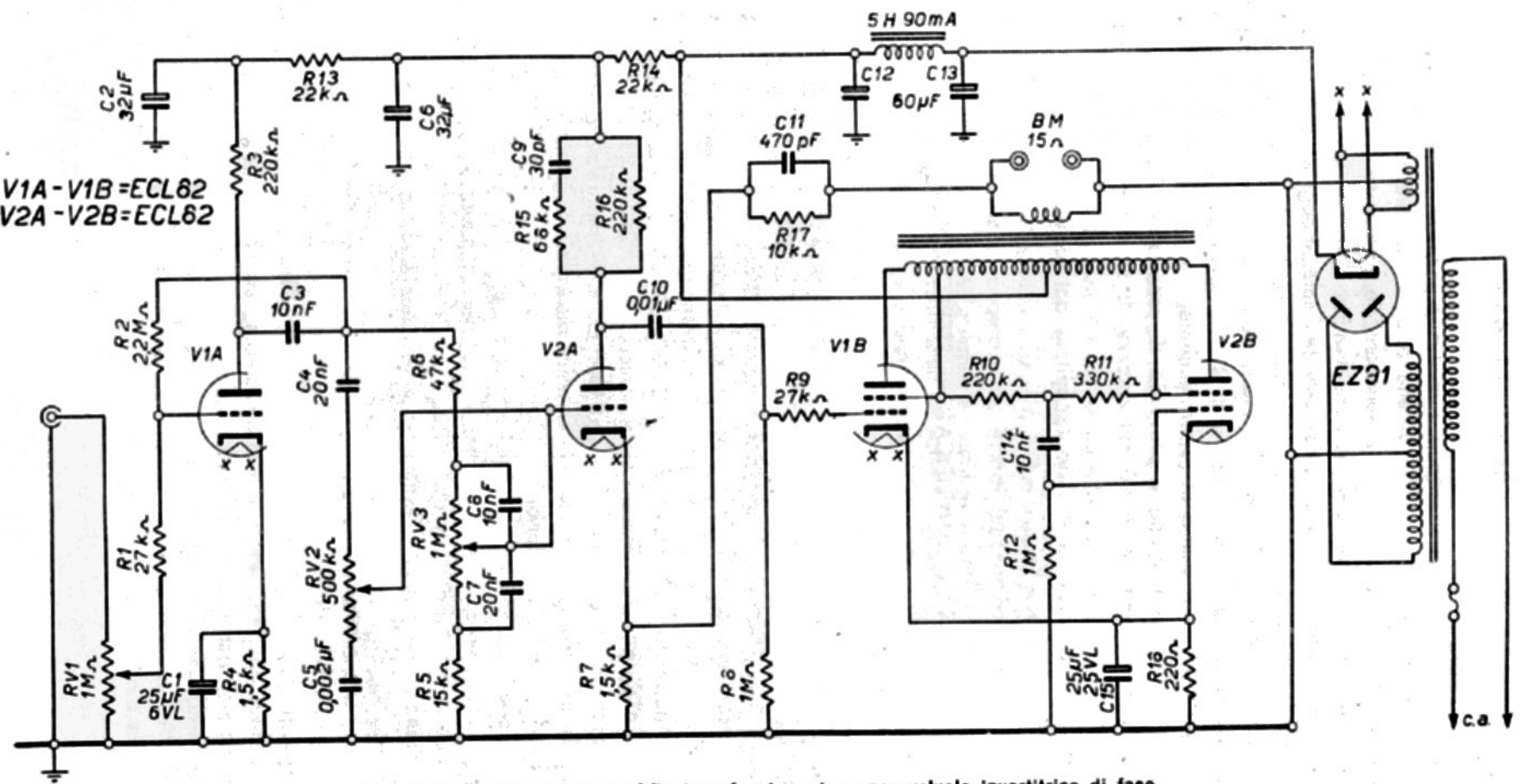


Fig. 9.29. – Schema di amplificatore funzionante senza valvola invertitrice di fase.

Dalla placca del secondo triodo amplificatore di tensione, il segnale audio viene trasferito alla griglia controllo di una sola valvola finale. Le due finali sono in circuito a carico distribuito, ossia ultralineare; le griglie schermo sono collegate a due prese del primario del trasformatore d'uscita, corrispondenti al 20 per cento.

Alla griglia controllo della seconda valvola finale, il segnale audio dalle griglie schermo, tramite il condensatore C_{14} collegato al centro di un divisore di tensione formato dalle resistenze R_{10} e R_{11}. Il valore di tali resistenze può essere diverso da quello elencato, ad es. può essere di 30 chiloohm per R_{10} e di 45 chiloohm per R_{11}; oppure 45 e 66 chiloohm rispettivamente.

Il trasformatore di tensione è provvisto di secondario AT da 250-0-250 volt; l'assorbimento di corrente è di 90 milliampere. Il secondario BT è a 6,3 volt e 3 ampere.

Questo secondo schema è stato escogitato dal tecnico inglese C.J. White, il quale lo ha brevettato.

4. — AMPLIFICATORI STEREOFONICI.

I complessi stereo.

I dischi stereofonici possono venir riprodotti soltanto da appositi complessi stereo, provvisti di due canali di amplificazione ad audiofrequenza, e quindi provvisti anche di due altoparlanti, uno per ciascun canale.

Un inversore consente di passare dall'ascolto stereofonico a quello monofonico. In ambedue le posizioni, i due altoparlanti funzionano simultaneamente, insieme ai due canali. Altoparlanti e amplificatori sono collegati in parallelo, per l'ascolto monofonico; sono distinti per l'ascolto stereofonico.

I comandi di volume sono due, uno per ciascun amplificatore, ma essi sono comandati da un unico asse e quindi da un'unica manopola esterna. Lo stesso avviene anche per i due controlli di tono.

I complessi stereofonici sono generalmente provvisti di un terzo comando, quello di bilanciamento; esso consente di variare l'amplificazione dei due canali, in modo da ottenere un diverso volume di destra e di sinistra, per meglio adeguare la riproduzione sonora alle caratteristiche dell'ambiente, e alla posizione degli ascoltatori.

In genere, le riproduzioni sonore stereofoniche sono inferiori a quelle ad alta fedeltà. Stereofonia e alta fedeltà rimangono separate. Con i complessi stereofonici è possibile ottenere il gradevole effetto delle tre dimensioni del suono; con quelli ad alta fedeltà è possibile ottenere una più ampia gamma di frequenza e una riproduzione migliore, particolarmente delle composizioni sinfoniche.

Anche i complessi stereofonici possono essere ad alta fedeltà; essi compendiano sia le caratteristiche della stereofonia sia quelle dell'alta fedeltà. Risultano però di costo molto elevato.

FONOVALIGIA STEREO PHILIPS MOD. NG 3504 S.

L'aspetto esterno di questa fonovaligia è quello di fig. 9.30. Lo schema elettrico è quello di fig. 9.31. La fonovaligia è equipaggiata con amplificatore a due canali, e consente la riproduzione dei dischi stereofonici, nonchè di quelli a microsolco ed a 78 giri.

L'amplificatore funziona con due sole valvole doppie, due ECL82, triodi-pentodi. Una di esse, la *B1*, appartiene al canale di destra; l'altra, la *B2*, appartiene al canale di sinistra. Il triodo di ciascuna di esse provvede alla preamplificazione di tensione; il pentodo provvede alla amplificazione di potenza. La resa d'uscita è di 2 watt per canale.

All'entrata dell'amplificatore vi è l'inversione *Sk2*, a due posizioni, stereo e mono. In posizione stereo, ciascuno dei due canali è collegato alla corrispondente uscita della cartuccia stereo; in posizione mono, i due canali sono collegati insieme all'unica uscita delle cartucce monofoniche, quindi funzionano con le entrate in comune. Le uscite risultano, necessariamente, sempre separate.

I controlli di volume e di tono sono all'entrata dei canali, e sono monocomandati. Al doppio controllo di volume è unito anche l'interruttore della rete-luce.



Fig. 9.30. – Fonovaligia stereofonica.

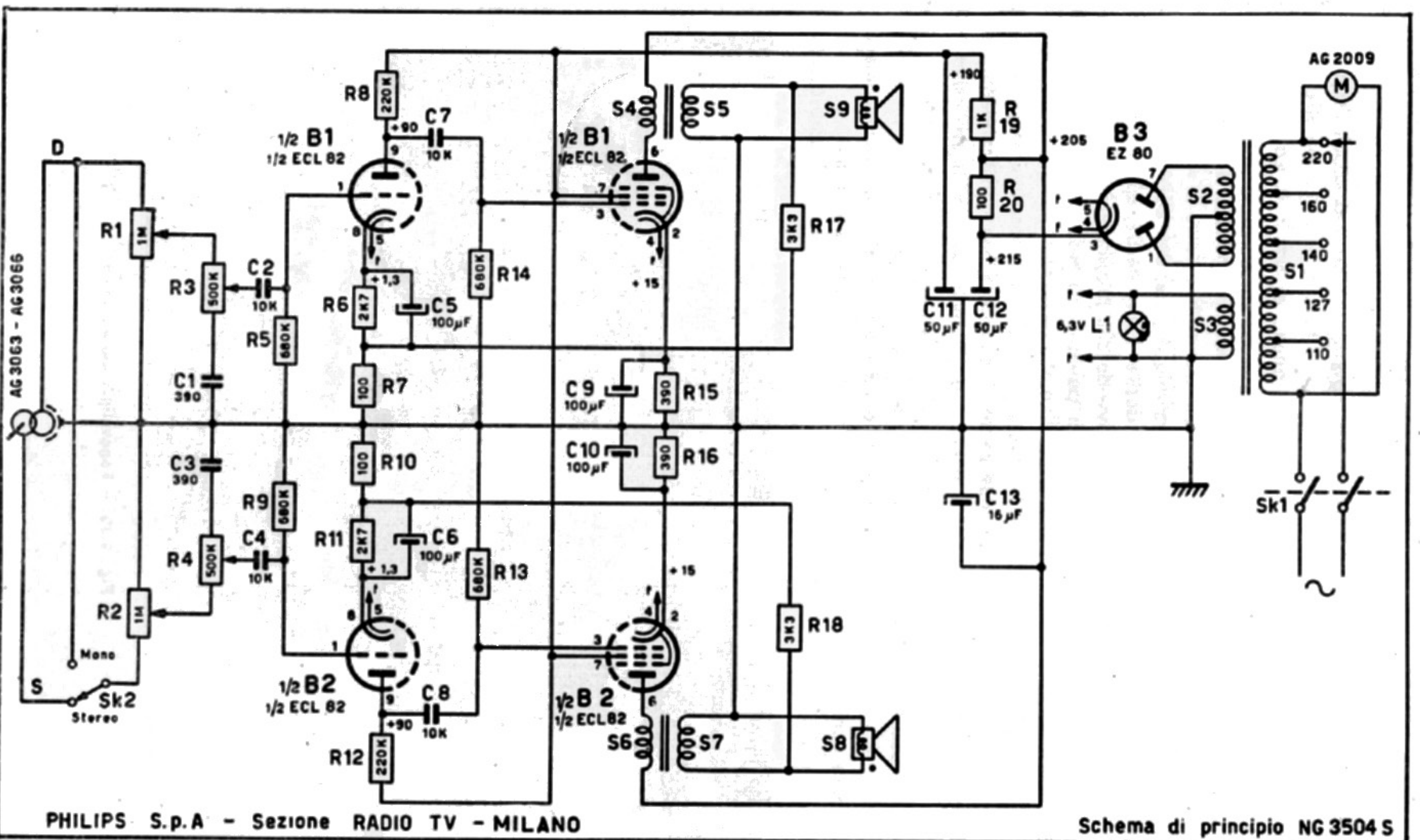


Fig. 9.31. - Schema dell'amplificatore della valigia stereofonica di cui la figura precedente.

B1 - B2

f ap g2 g1 KT Kp-g3-S gT

Giradischi AG 2009

Alla testina

Al motorino

B3

f i.c. K a

Striscia 1

Striscia 2

B1

B2

B3
EZ 80

Alla bobina mobile dell'altoparlante

Alla bobina mobile dell'altoparlante

B1
ECL 82

B2
ECL 82

COMMUTATORE

TONO

INTERR+VOLUME

Fig. 9.32. - Telaio dell'amplificatore della fonovaligia stereo di cui la figura precedente.

La posizione dei comandi è ben visibile in fig. 9.32, la quale riproduce la posizione dei componenti sopra e sotto il telaio.

I due amplificatori non hanno caratteristiche particolari. Ciascuno è provvisto del proprio circuito di controreazione, costituito da due resistenze, *R7* e *R17* per l'amplificatore di destra, e *R10* e *R18* per quello di sinistra.

Le tensioni di alimentazione anodica sono le seguenti: ai capi di *C11* da 185 a 195 volt, ai capi di *C12* da 210 a 220 volt, ed ai capi di *C13* da 200 a 210 volt. Tutte le altre tensioni sono indicate nello schema.

Le resistenze *R15* e *R16*, nonchè *R19* e *R20* sono da un watt; le altre sono tutte da un quarto di watt.

FONOVALIGIA STEREO PHILIPS MOD. AG 4116.

La fig. 9.33 illustra la fonovaligia stereo Hi-Fi della Philips; è il mod. AG 4116. La fig. 9.35 illustra i vari componenti sul piano del giradischi.

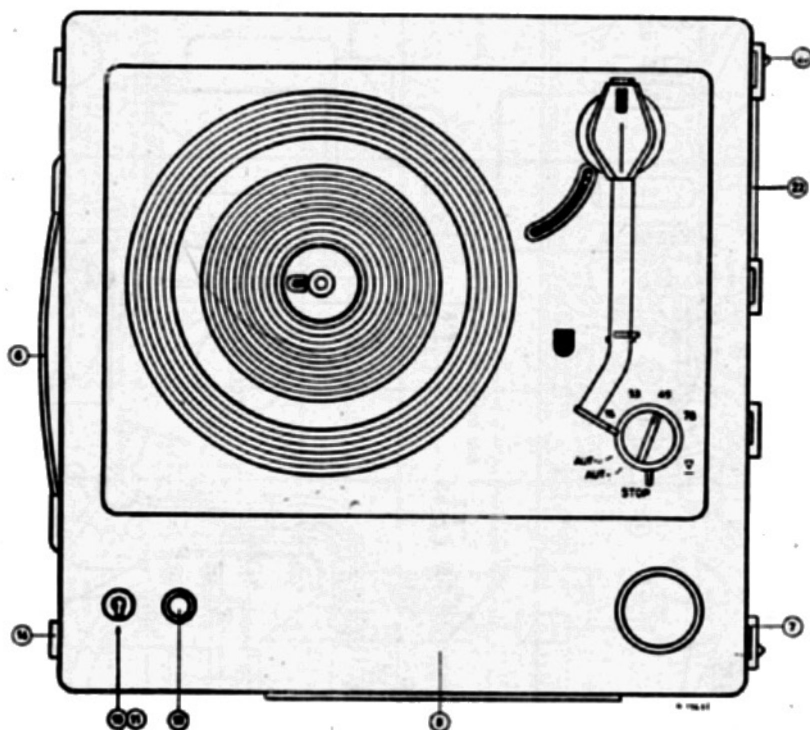


Fig. 9.33. – Componenti sul piano del giradischi di fonovaligia stereo Hi-FI.

L'amplificatore è provvisto di quattro valvole, due ECC83 e due EL95, una coppia per ciascun canale. Lo schema è quello di fig. 9.34.

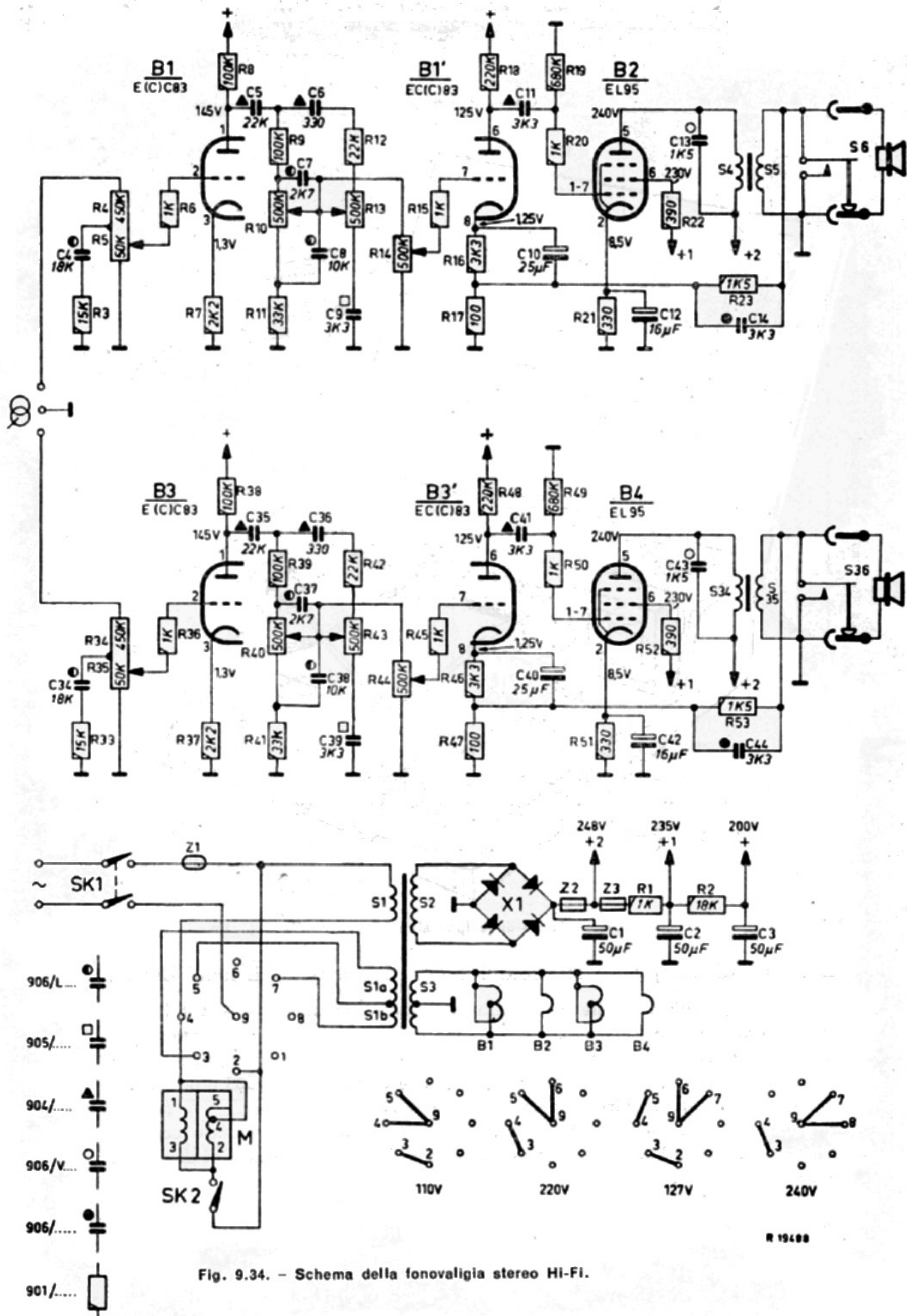


Fig. 9.34. – Schema della fonovaligia stereo Hi-Fi.

AG 4116 / 00

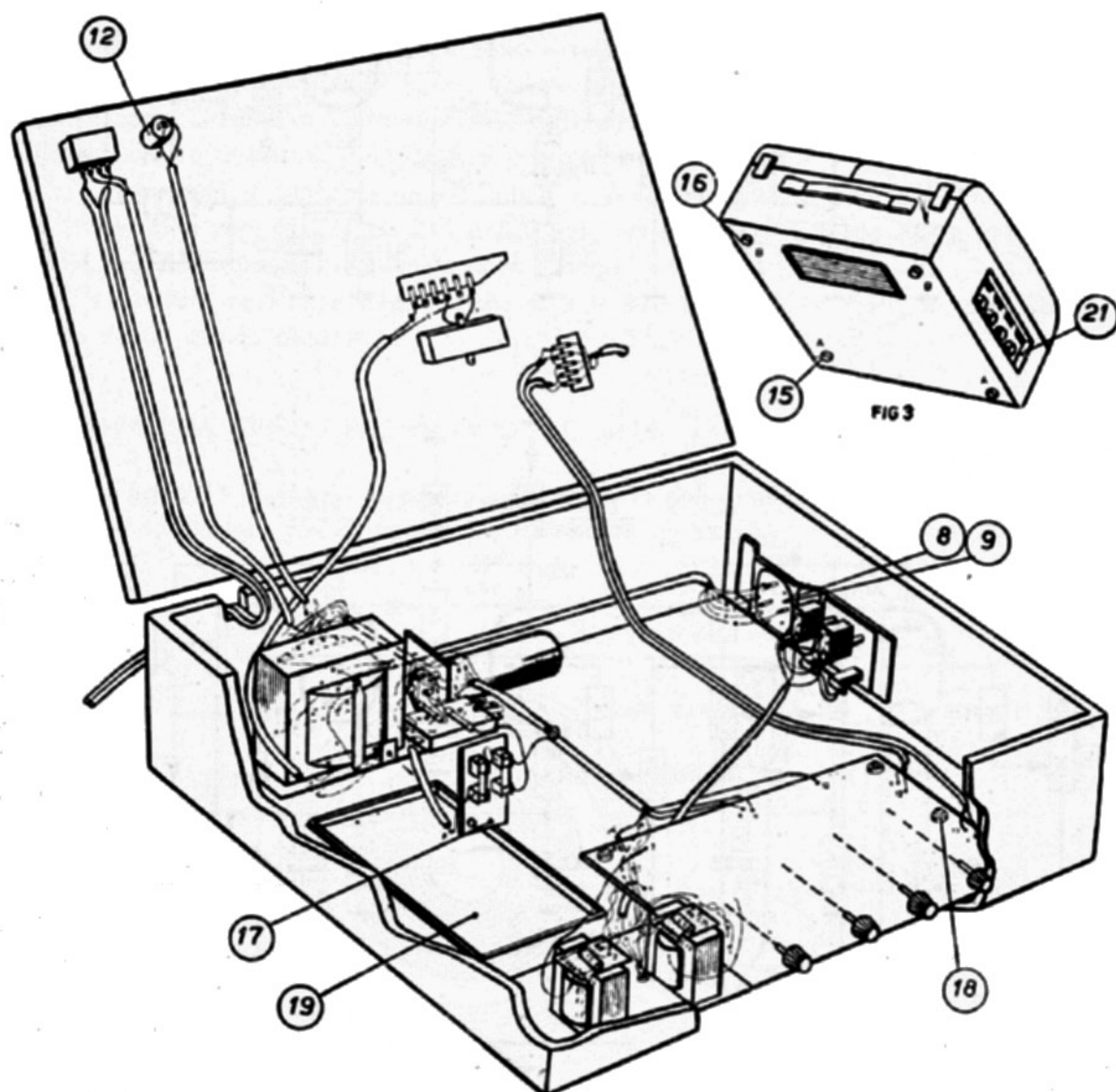


Fig. 9.35. - Telaio della fonovaligia stereo Hi-Fi.

Esempio di complesso stereofonico con doppi pentodi finali ELL80.

Il doppio-pentodo finale di potenza ELL80 si presta ottimamente per l'amplificazione del segnale audio in controfase, nei due canali dei complessi stereo. Con la ELL80 vengono realizzati gli amplificatori stereofonici provvisti di stadio finale in controfase; essi risultano costituiti da quattro sole valvole, due ECC83 e due ELL80, più la valvola raddrizzatrice o il rettificatore a selenio.

I due pentodi della ELL80 sono di piccola potenza; ciascun canale consente la resa di uscita di 4 watt, con minima distorsione; la resa complessiva di due ELL80 è perciò di 8 watt.

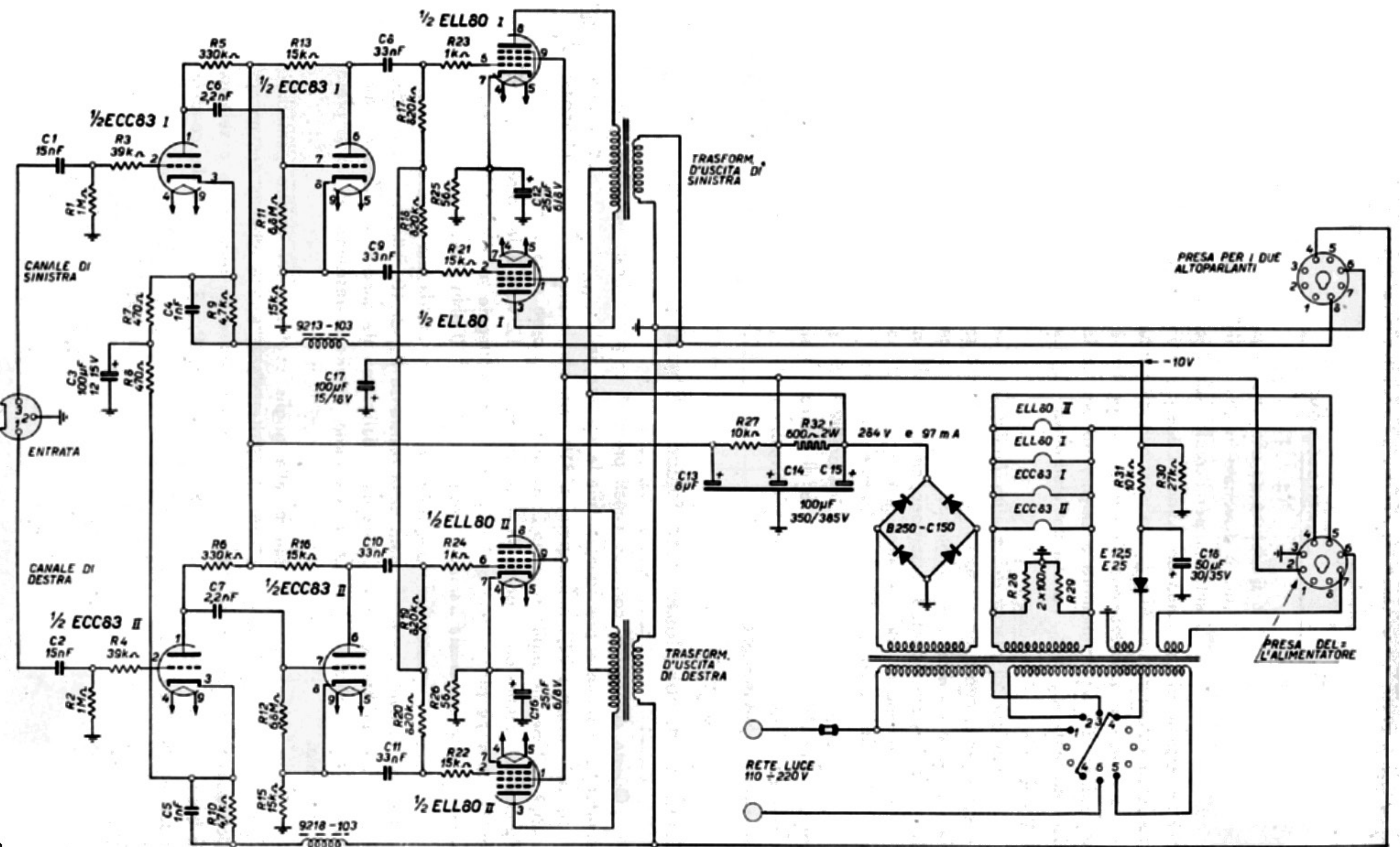


Fig. 9.36. – Schema di amplificatore stereofonico con due doppi pentodi ELL80.

Lo schema di fig. 9.36 si riferisce ad una fonovaligia stereofonica prodotta dalla Grunding. Il canale di sinistra è disegnato in alto, quello di destra in basso. I due triodi della ECC83 sono utilizzati per l'amplificazione di tensione (primo triodo) e per l'inversione di fase (secondo triodo); i due pentodi della ELL80 sono in controfase, con catodi riuniti. Alla griglia controllo di ciascun pentodo è applicata una tensione fissa di polarizzazione. Tale tensione negativa è ottenuta con un particolare secondario BT, un rettificatore a selenio ed una sezione filtrante, costituita dalle due resistenze R_{30} e R_{31}, nonchè dall'elettrolitico C_{18}. La tensione all'uscita del filtro è di 10 volt.

La tensione di placca dei quattro pentodi è prelevata all'uscita del rettificatore a selenio, con quattro elementi a ponte; non subisce perciò alcuna livellazione. Con corrente anodica di 97 milliampere, la tensione anodica in questo punto è di 284 volt. I quattro pentodi assorbono circa 60 milliampere, i quattro triodi circa 8 mA; la rimanente corrente anodica è messa a disposizione dell'eventuale sintonizzatore radio o pre-amplificatore, tramite una presa.

La tensione di controreazione viene prelevata dal secondario di ciascun trasformatore d'uscita e applicata al catodo di ciascuno dei due triodi d'entrata, dopo essere stata livellata da un'impedenza. Le resistenze di catodo R_7 e R_8 vanno a massa attraverso l'elettrolitico C_3.

Esempio di complesso stereofonico con quattro pentodi finali EL84.

Questo complesso, con due canali provvisti di stadio finale con due EL84 in controfase, è simile al precedente; varia la potenza della resa d'uscita. Ciascun pentodo EL84 assorbe 22,5 milliampere, a 310 volt, per la placca, e 2,5 milliampere a 309 volt per la griglia schermo; ciascun triodo assorbe circa 2 milliampere. All'uscita del rettificatore a ponte vi è la tensione di 312 volt, e la corrente di 150 milliampere. Le placche dei quattro pentodi sono collegate a tale uscita; le griglie schermo sono alimentate tramite la resistenza R_{30} di 160 ohm, 6 watt.

La tensione anodica per i due doppi-triodi è ottenuta da una successiva sezione della rete di livellamento, formata dalla resistenza R_{29} di 10 chiloohm, e dai condensatori elettrolitici C_{19} e C_{20}. Una parte della corrente anodica è messa a disposizione dell'eventuale apparecchiatura esterna, tramite la resistenza R_{36} e la presa di corrente.

Come nell'esempio precedente, alle griglie controllo dei quattro pentodi è applicata una tensione negativa fissa di polarizzazione; essa è ottenuta con un apposito avvolgimento BT del trasformatore di tensione e un rettificatore a selenio. È livellata tramite la rete formata dalle tre resistenze R_{31}, R_{32} e R_{33}, e dai condensatori elettrolitici C_{21} e C_{22}; è di — 11 volt.

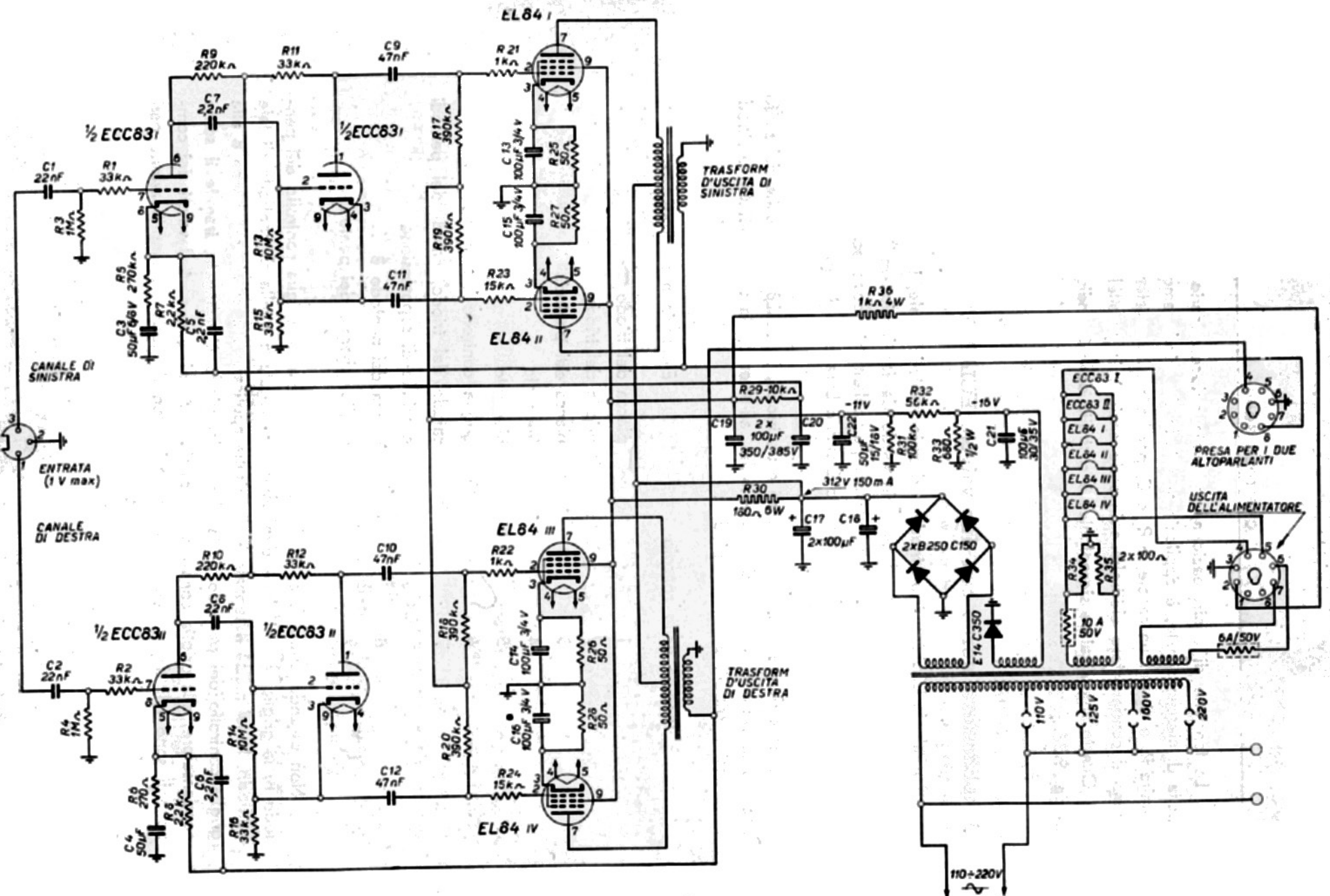


Fig. 9.37. – Schema di amplificatore stereofonico con quattro EL84.

La tensione di controreazione, prelevata dal secondario del trasformatore di uscita di ciascun canale, è applicata al catodo del triodo amplificatore di tensione, tramite R_7 e C_5 per un canale, e R_8 e C_6 per l'altro. Le resistenze di catodo R_5 e R_6 hanno il condensatore elettrolitico in serie anzichè in parallelo.

Questo amplificatore stereofonico è costruito dalla Grundig. Lo schema è quello di fig. 9.37.

Amplificatore stereo con due valvole ECLL800.

La valvola ECLL800 è un triodo e doppio pentodo finale; il triodo ha lo scopo di provvedere all'inversione di fase, in modo da far funzionare i due pentodi in stadio finale in controfase. È una valvola particolarmente bene adatta per amplificatori stereo. È prodotta dalla Standard Elekttrik Lorenz ed è reperibile come qualsiasi altra valvola.

Pur possedendo due pentodi finali e un triodo, la ECLL800 è munita dal solito zoccolo di vetro noval; non differisce molto, all'esterno, da una EL84. Gli elettrodi sono così distribuiti tra i nove piedini:

Piedino dello zoccolo	*Elettrodo o elettrodi*
1	placca del triodo
2	griglia del triodo
3	placca del pentodo A
4	filamento
5	filamento
6	griglia controllo del pentodo A
7	catodo del triodo, catodi dei pentodi e griglie di soppressione
8	placca del pentodo B
9	griglie schermo dei pentodi

Non essendo disponibile un decimo piedino, per la griglia controllo del pentodo B, la griglia del triodo è direttamente collegata a quella di controllo di tale pentodo. In tal modo il segnale audio risulta applicato alla griglia del triodo e alla griglia controllo del pentodo B; la placca del triodo è collegata, tramite il solito condensatore, alla griglia controllo del pentodo A, piedino n. 6. I valori dei componenti sono tali da far funzionare lo stadio con il triodo ad amplificazione pari

all'unità. In tal modo sulla sua placca vi è lo stesso segnale, della stessa ampiezza, come sulla sua griglia, con la differenza che è di fase opposta, come necessario.

I due pentodi della ECLL800 si comportano, all'incirca, come un pentodo EL84, con alcuni vantaggi rispetto ad esso; ad es. mentre la EL84 assorbe 49,5 mA di corrente di placca, con una potenza d'uscita di 5,7 watt e distorsione del 10 per cento, la ECLL84 assorbe poco di più di corrente di placca (2 × 26 milliampere), con una resa d'uscita di 8,5 watt, e distorsione del 5 per cento. La ECLL800 è senz'altro in grado di fornire una maggiore potenza, con minor distorsione, rispetto la EL84; è quindi opportuno adoperare nello stadio finale una ECLL800 anzichè una EL84. La ECLL800 non è adatta per complessi audio ad alta fedeltà; è bene adatta per fonovaligie semplici o stereofoniche, e per apparecchi radio e radiofonografi.

La tabella seguente fornisce il ragguaglio tra le caratteristiche della EL84 rispetto a quelle della ECLL800:

	EL84		ECLL800	
Tensione di accensione (V)	6.3		6.3	
Corrente di accensione (A)	0.76		0.6	
Tensione di placca (V)	250		250	
Tensione di schermo (V)	250		250	
Resistenza di catodo (kΩ)	135		180	
Impedenza di carico (kΩ)	5.2		11	
Tensione d'entrata (V)	0.3	4.3	0.5	8
Potenza d'uscita (W)	0.05	5.7	0.05	8.5
Distorsione (%)	—	10	—	5
Corrente di placca (mA)	48	49.5	2×21	2×26
Corrente di schermo (mA)	5.5	10.8	8.4	18
Corrente totale (mA)	53.5	60.3	50.4	70

Una possibile applicazione di due ECIL800 in amplificatore stereofonico è quella indicata dallo schema di fig. 9.38. Oltre alle due ECLL800 vi sono due ECC83, alle quali sono affidati i due stadi d'amplificazione di tensione. Le due entrate sono indicate con J_1 e J_2; J_1 è l'entrata del canale di sinistra (« S »), disegnato in alto; J_2 quella del canale di destra (« D »), disegnato in basso.

All'entrata del primo stadio vi sono i controlli, di tono e di volume, ottenuti con quattro resistenze variabili, ciascuna provvista della propria manopola; sono RV_1 e RV_2 per il canale « S », RV_3 e RV_4 per il canale « D ».

I comandi separati per ciascun canale rendono più versatile l'uso dell'amplificatore, che in tal modo può essere meglio adattato alle esigenze dell'ambiente d'ascolto e ai gusti dell'ascoltatore.

TRASFORMATORI D'USCITA. — I trasformatori d'uscita sono del tipo per alta fedeltà da 10 W di potenza, 8000 ohm d'impedenza primaria e 4 ohm d'impedenza

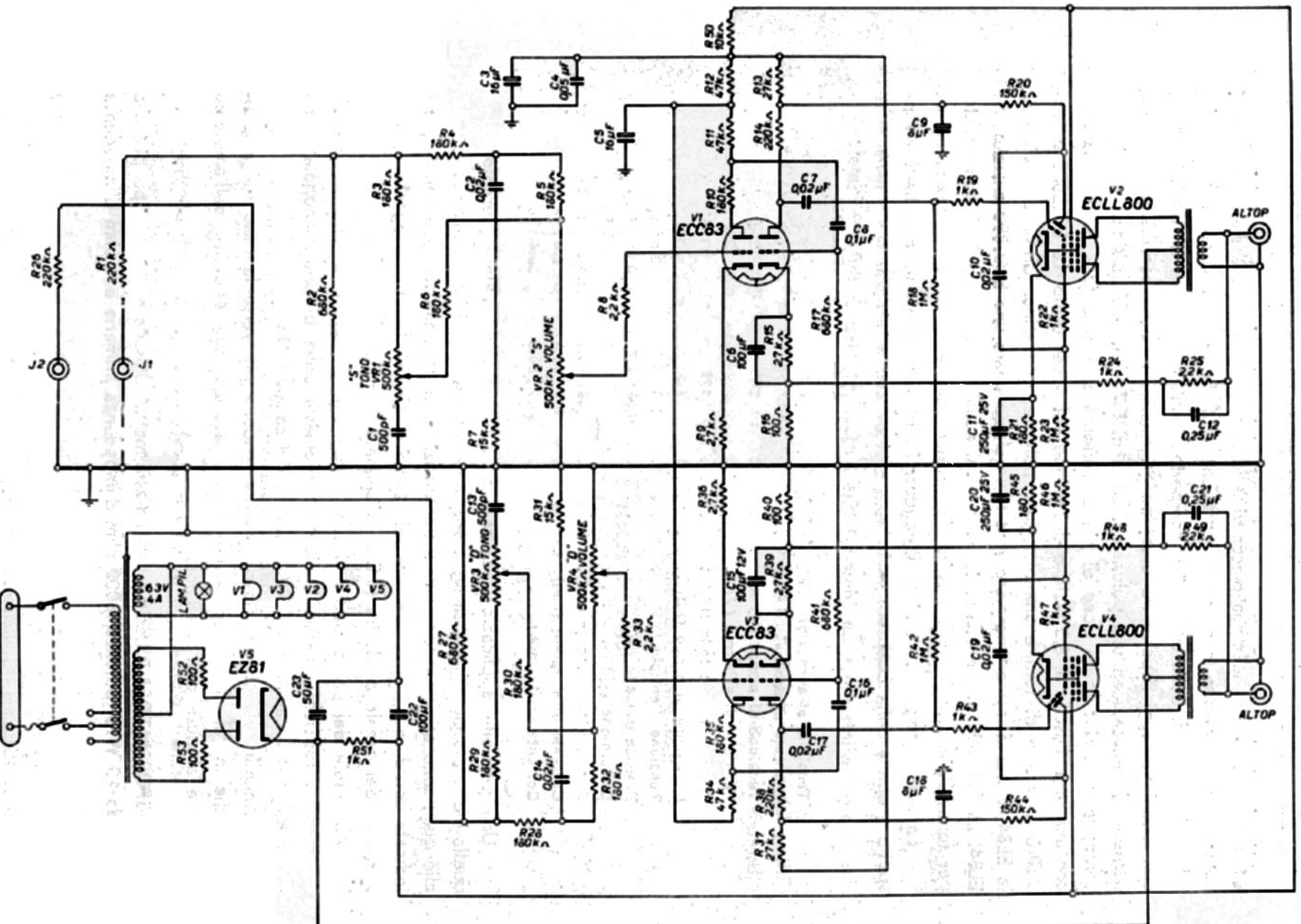


Fig. 9.38. – Schema di amplificatore stereofonico con due ECLL800.

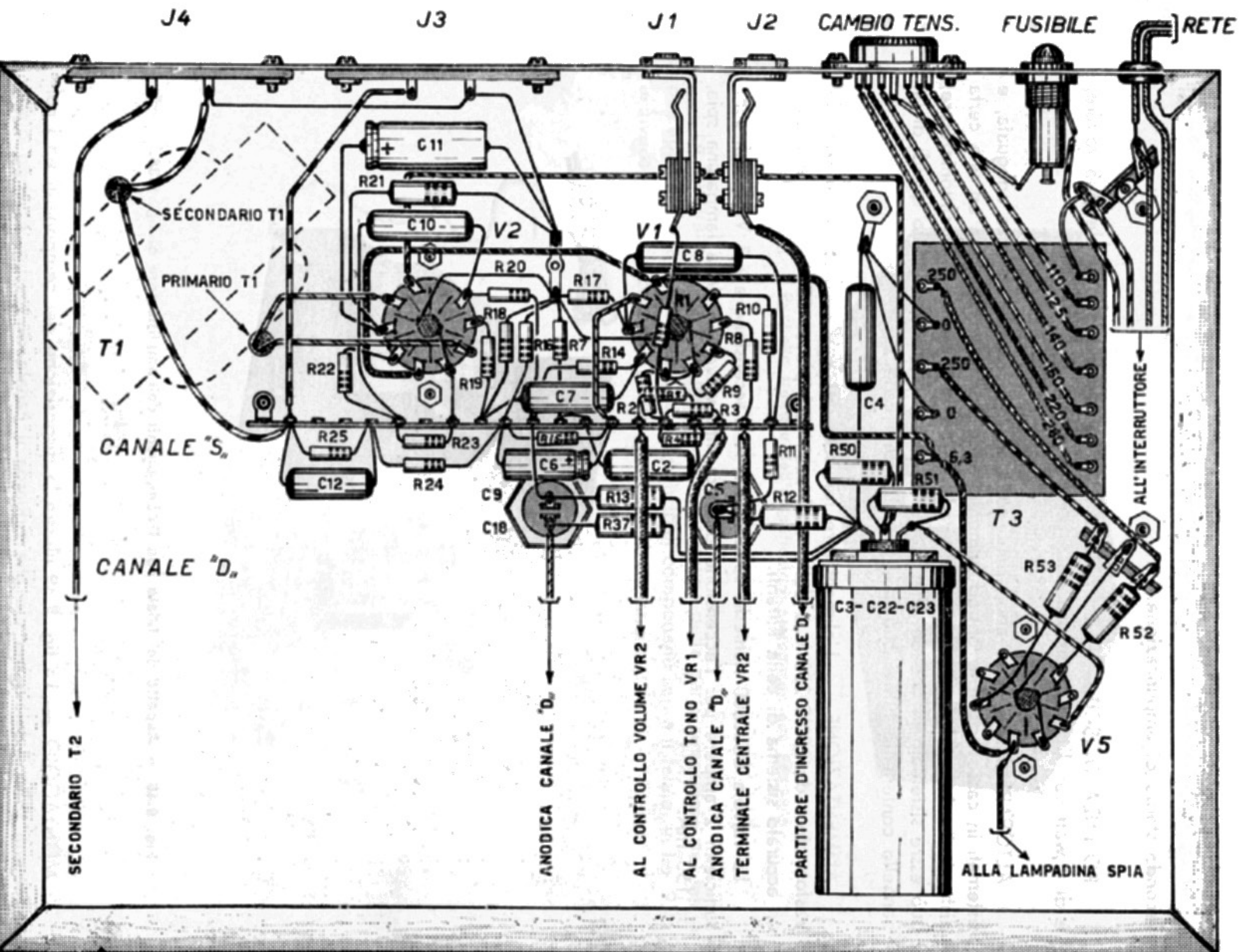


Fig. 8.39. – Piano di montaggio di un canale dell'amplificatore con due ECLL800.

secondaria. Dal secondario di ogni trasformatore d'uscita è prelevata tramite R_{24} - R_{25} - C_{12} una *tensione di controreazione* che viene applicata al circuito catodico del secondo stadio di amplificazione.

POTENZA D'USCITA. — La potenza d'uscita che ciascun canale può fornire, è di 8 watt con l'1 % di distorsione.

ALTOPARLANTI. — Gli altoparlanti sono da 4 ohm e di potenza adeguata, e sistemati in casse acustiche opportunamente dimensionate, e disposte ad una certa distanza tra loro. L'amplificatore col giradischi ed eventualmente il sintonizzatore, può essre sistemato in uno dei due mobili diffusori che sarà corredato quindi di un pannello contenente tutti i comandi di entrambi i canali.

ALIMENTAZIONE. — L'alimentatore fornisce 250 V d'anodica per mezzo del trasformatore da 250-0-250 V e della raddrizzatrice biplacca EZ81, a cui fa seguito un accurato sistema di celle filtranti.

La valvola ECLL800 richiede soltanto 0,6 A d'accensione a 6,3 V, quindi sono sufficienti 2 ampere per l'accensione delle quattro valvole e della lampadina spia, da 150 mA.



Fig. 9.40. - Aspetto del telaio con i componenti dell'amplificatore di fig. 9.38.

MONTAGGIO. — La fig. 9.39 illustra la disposizione dei componenti ed i collegamenti sotto il telaio per ciò che riguarda il canale di sinistra, essendo quello

di destra perfettamente identico, ed i relativi componenti disposti in maniera simmetrica rispetto la linea mediana del telaio stesso.

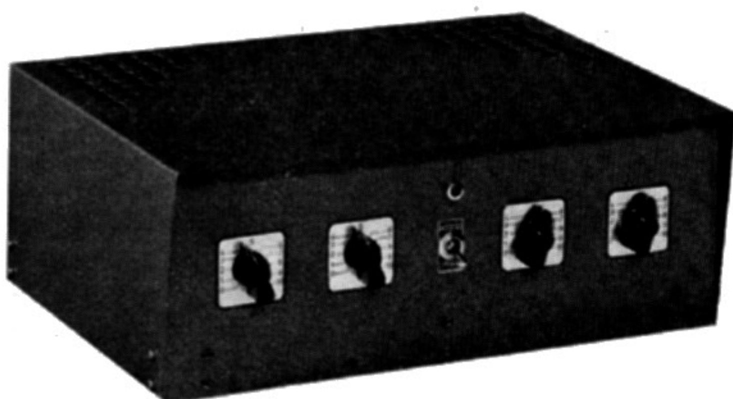


Fig. 9.41. - Pannello frontale dell'amplificatore stereo con due ECLL800.

La fotografia di fig. 9.40 mostra un'inquadratura della parte retrostante del telaio ove appare chiara la dislocazione dei principali componenti sopra il telaio. In fig. 9.41 è invece ripreso il pannello frontale con tutti i comandi.

CAPITOLO DECIMO

L'AMPLIFICATORE A TRANSISTOR

Semplicissimo amplificatore a 3 transistor, da otofono.

Quale possa essere un semplicissimo amplificatore a transistor lo indica, schematicamente, la fig. 10.1. I transistor sono tre; il primo di essi, TR_1, provvede all'amplificazione iniziale del segnale audio fornito dal microfono a cristallo. Il secondo transistor, TR_2, amplifica il segnale audio già amplificato da TR_1, e lo invia al terzo transistor, il quale provvede all'amplificazione finale. I tre transistor sono dello stesso tipo, ossia sono tre OC71.

L'amplificatore è del tipo da otofono, per deboli d'udito; è perciò provvisto di un piccolo microfono a cristallo alla sua entrata, e di un auricolare ad oliva, da inserire nell'orecchio, all'uscita. Funziona con una piletta da 1,5 volt.

Ciascuno dei tre transistor ha la propria *resistenza di base*; esse sono R_2, R_4 e R_6. Il valore della resistenza di base determina la corrente che percorre il transistor, ossia la *corrente di collettore*. A sua volta la corrente di collettore deve essere proporzionata all'ampiezza del segnale audio. Nell'esempio fatto l'ampiezza del segnale è minima; occorre far funzionare i tre transistor in modo da ottenere una sufficiente amplificazione, e quindi una adeguata resa d'uscita, con la minima corrente assorbita dall'amplificatore, per non scaricare troppo presto la piletta con cui funziona. La corrente assorbita dall'amplificatore indicato è di circa 3 milliampere; la resa di uscita è di 0,5 milliwatt. Un altro amplificatore può fornire 2000 milliwatt (2 watt) assorbendo 250 milliampere a 12 volt; questo assorbe 3 mA a 1,5 volt.

La corrente assorbita è così distribuita: $TR_1 = 0{,}4$ mA, $TR_2 = 0{,}6$ mA e $TR_3 = 1{,}8$ milliampere, più una perdita di circa 0,2 mA nel circuito.

I transistor OC71 possono assorbire correnti più intense di quelle indicate, sino a 7 e 8 milliampere. Affinchè assorbano le tre correnti indicate è necessario vengano adeguatamente polarizzati, ciò che si ottiene con una determinata *corrente di base*. A sua volta, la corrente di base, ossia la corrente di polarizzazione, dipende dal valore della resistenza di base.

La corrente di base del primo transistor è di 5,5 microampere, essendo la resistenza di base di 270 chiloohm; la si può calcolare facilmente con la formula:

$$\text{Corrente di base in microampere} = \frac{\text{Tensione della pila in volt}}{\text{Resistenza di base in chiloohm}} \times 1000$$

per cui risulta: $(1{,}5 : 270) \times 1000 = 0{,}0055 \times 1000 = 5{,}5$ microampere. In pratica si misura la corrente di collettore e si adegua la resistenza di base al valore neces-

sario; il calcolo consente di avere una prima idea del genere di grandezza della resistenza; le caratteristiche dei transistor, anche dello stesso tipo, variano troppo per consentire di valutare la resistenza di base con il solo calcolo.

Le correnti di base degli altri due transistor sono di 10 microampere per il secondo, e di 30 microampere per il terzo.

Ciascun transistor ha anche una propria resistenza di carico, detta *resistenza di collettore*, inserita tra il collettore e la linea di alimentazione negativa. Tali tre resistenze sono: R_3 di 2,7 chiloohm per TR_1, R_5 di 2,2 chiloohm per TR_2, e la resistenza CC dell'auricolare ad oliva, di 200 ohm per TR_3. Questi tre valori sono normali; possono variare di poco. Da tali valori dipende la tensione di collettore di ciascun transistor, data dalla caduta di tensione provocata dalla resistenza di collettore detratta da quella della batteria.

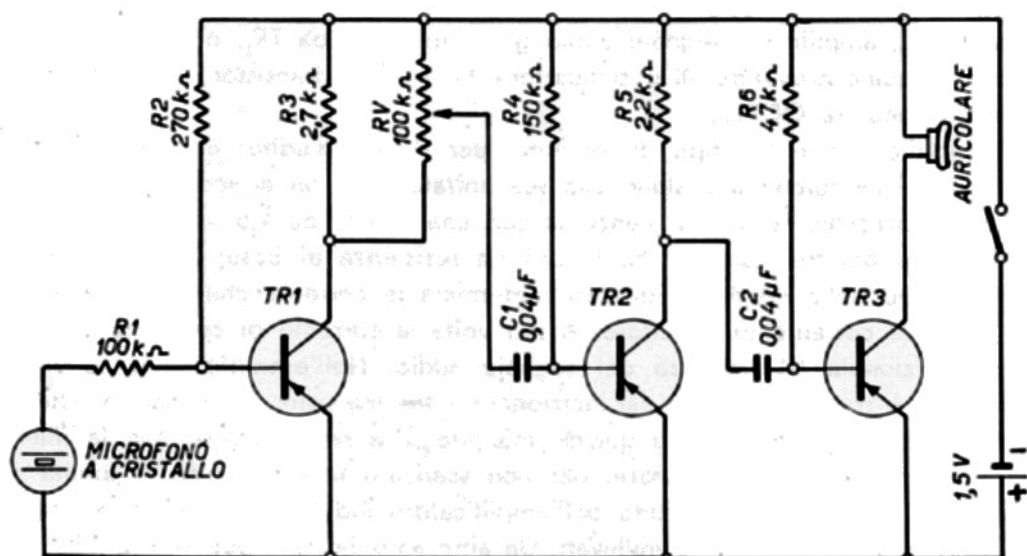


Fig. 10.1. – Principio di funzionamento dell'amplificatore a transistor.

I due condensatori di accoppiamento, C_1 e C_2, sono di 40 000 pF ciascuno; tale capacità è molto bassa; negli amplificatori a resa d'uscita maggiore, adatti per altoparlante, essa è generalmente di 8 o 10 microfarad. Negli otofoni non si possono collocare condensatori di grandi dimensioni, e non interessa la buona riproduzione delle frequenze basse; essi devono consentire la buona riproduzione di frequenze da 1000 a 2000 c/s, sono perciò sufficienti piccoli condensatori come quelli indicati.

La tensione della batteria può venir elevata a 3 volt, per ottenere una maggiore resa d'uscita; in genere quella di 0,5 mW è sufficiente; con batteria da 3 volt i valori delle resistenze rimangono quelli che sono; si determina una compensazione.

Non è possibile realizzare con lo schema indicato un amplificatore di maggiore

potenza, pur essendo i tre transistor adatti, poichè per potenze maggiori è indispensabile provvedere a proteggere i transistor dall'effetto nocivo della temperatura. Correnti maggiori di quelle indicate possono riscaldarli, e il riscaldamento può a sua volta determinare aumenti di correnti, con una specie di « reazione termica », con il risultato finale della distruzione dei transistor. Per avere una prima idea di questo fatto basti tenere presente che la corrente di dispersione (tra collettore e emittore in assenza della corrente di base) per l'OC71 è di 150 microampere alla temperatura di 25°C, e che essa sale automaticamente a 2400 microampere alla temperatura di 55°C.

Opportuni circuiti consentono di « frenare » la corrente assorbita dai transistor in presenza di aumenti di temperatura, riducendo adeguatamente la corrente di base ad essi applicata.

Amplificatore a transistor stabilizzati.

La fig. 10.2 indica schematicamente un amplificatore a transistor adatto per ottenere riproduzioni sonore in altoparlante, adatto, ad es., per fonovaligia. È a tre stadi come il precedente, di fig. 10.1, rispetto al quale presenta due particolarità molto importanti:

a) i suoi stadi sono stabilizzati; è protetto contro gli aumenti di temperatura;

b) il suo stadio finale comprende due transistor, anzichè uno solo.

È importante notare che al posto della resistenza di base R_2 del primo transistor di fig. 10.1, in questo vi sono tre resistenze, e precisamente R_2, R_3 e R_5. È con esse che si ottiene il controllo automatico della corrente di collettore, come si ottiene il CAV negli apparecchi radio, ciò entro certi limiti, come ben s'intende.

Mentre nell'esempio precedente la polarizzazione del primo transistor dipende unicamente dal valore della resistenza di base R_2, in questo esempio essa dipende invece dalla differenza di tensione tra la base e l'emittore. Supponendo, ad es., che tra base e emittore vi sia una differenza di 0,1 volt, la corrente di base è di 10 microampere, e quella di collettore di 600 microampere. Il segnale audio in arrivo fa variare, in più e in meno, tale differenza di tensione, e quindi anche la corrente di collettore, un po' come nelle valvole.

Ciò che importa è che la tensione *alla base è fissa*, essendo ottenuta con un divisore di tensione costitutito da due resistenza (R_2 e R_3) collegato ai capi della batteria di pile, mentre *la tensione di emittore è variabile*, essendo ottenuta dalla caduta di tensione ai capi della resistenza di emittore (R_5), per effetto della corrente di collettore.

La tensione di base è un po' più alta di quella di emittore, quanto necessario per ottenere la corretta corrente di polarizzazione del transistor. Ora, se per effetto della temperatura, la corrente che percorre il collettore subisce un aumento, aumenta anche la tensione ai capi della resistenza di emittore, e diminuisce la differenza di

tensione tra base e emittore, per cui la corrente di collettore è costretta a diminuire, ossia, in pratica, a rimanere costante.

Affinchè il dispositivo funzioni, è necessario che la tensione di emittore non sia nè troppo piccola nè troppo grande; è una tensione un po' critica; essa dipende dalla tensione della batteria. Se tale tensione è di 3 volt (in genere gli amplificatori non possono funzionare con tensione minore di alimentazione) quella di emittore può essere compresa tra 0,4 e 0,8 volt; con batteria da 4,5 volt va da 0,5 a 1 volt; con batteria da 6 volt va da 0,6 a 1,2 volt, e con batteria da 12 volt va da 0,7 a 1,4 volt.

Inoltre, affinchè il dispositivo risulti bene efficace, è anche necessario che la resistenza R_3, tra base e massa, sia di valore piuttosto basso. In pratica non si può scendere sotto un certo limite poichè ai suoi capi si forma il segnale audio da amplificare, non solo, ma anche perchè tutto il partitore risulta di valore basso, con conseguente forte assorbimento di corrente, e rapido esaurimento della batteria. È necessario un compromesso.

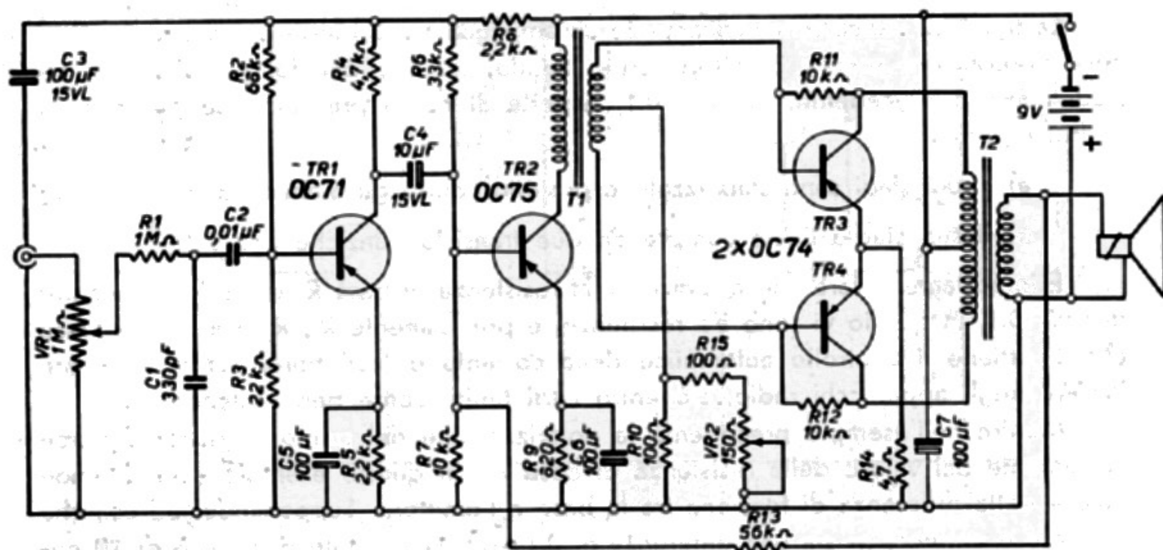


Fig. 10.2. – Amplificatore a transistor con stadio finale in controfase.

In fig. 10.2 il valore di R_3 è di 22 chiloohm, per cui quello di R_2 è di 68 chiloohm. Il valore di R_7, dello stadio successivo, è di 10 chiloohm, mentre R_6 e di 33 chiloohm. Il valore complessivo della resistenza ($R_3 + R_2$ o $R_7 + R_6$) del partitore diminuisce con l'aumentare dell'intensità della corrente.

La stabilizzazione dello stadio finale a due transistor è ottenuta in modo un po' diverso, allo scopo di introdurre una certa corrente di controreazione e migliorare la qualità della riproduzione sonora. La resistenza di base (R_3 e R_7 nei precedenti transistor) è formata da tre resistenze, di cui una semifissa; esse sono R_{10} e R_{15} di 100 ohm, e VR_2 di 150 ohm. Ciò consente di regolare la corrente assorbita dallo

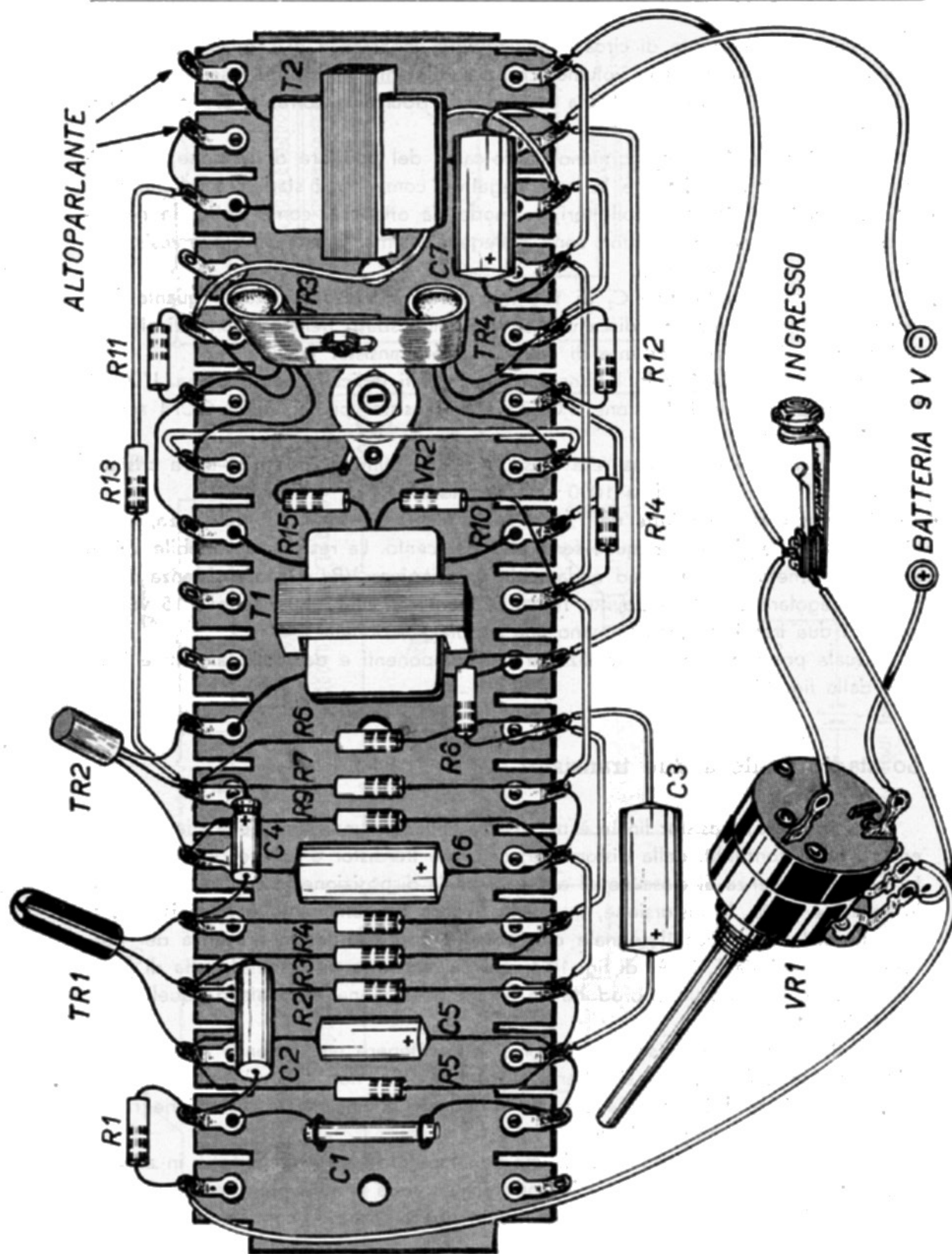


Fig. 10.3. – Disposizione dei componenti e dei collegamenti.

stadio finale alla corrente di circa 8 milliampere, in assenza di segnale; qualora si manifesti distorsione a pieno volume, con assorbimenti di corrente oscillanti tra 20 e 30 milliampere, la VR_2 va variata in modo da ridurre la corrente di riposo tra 6 e 7 milliampere.

Le resistenze R_{11} e R_{12} formano l'altro ramo del partitore di tensione; anzichè essere collegate tra la base e la linea negativa, come negli stadi precedenti, esse sono collegate ai rispettivi collettori, in modo da ottenere, come detto, la necessaria controreazione. Gli emittori sono collegati insieme; fanno capo alla resistenza di collettore R_{14} di 4,7 ohm.

Il collettore elettrolitico C_7 di 100 microfarad è indispensabile in quanto funziona da « volano » ed impedisce che si verifichino sbalzi nella tensione di alimentazione al variare della corrente di collettore dei transistor finali.

La batteria è da 9 volt. I transistor sono quelli indicati nello schema. L'OC71 è il pre-amplificatore di tensione, l'OC75 è il transistor pilota, i due OC74 sono i finali in controfase.

L'amplificatore fornisce la resa d'uscita di 450 milliwatt con pick-up a cristallo in grado di fornire 0,5 volt a 1000 cicli/secondo.

Le resistenze sono tutte da 1/4 di watt, al 10 per cento di tolleranza, eccezione fatta per R_{11} e R_{12}, le quali sono al 5 per cento. La resistenza variabile VR_1 è un potenziometro miniatura ad andamento logaritmico; VR_2 è una resistenza semifissa da regolare con il cacciavite. Tutti i condensatori elettrolitici sono a 15 volt di lavoro. I due transistor finali formano una coppia selezionata.

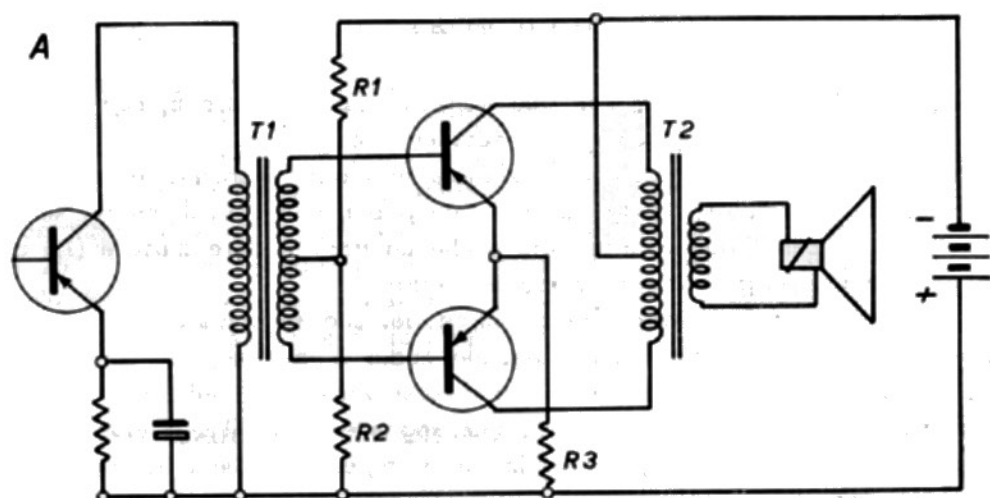
Quale possa essere la disposizione dei componenti e dei collegamenti è indicato dalla fig. 10.3.

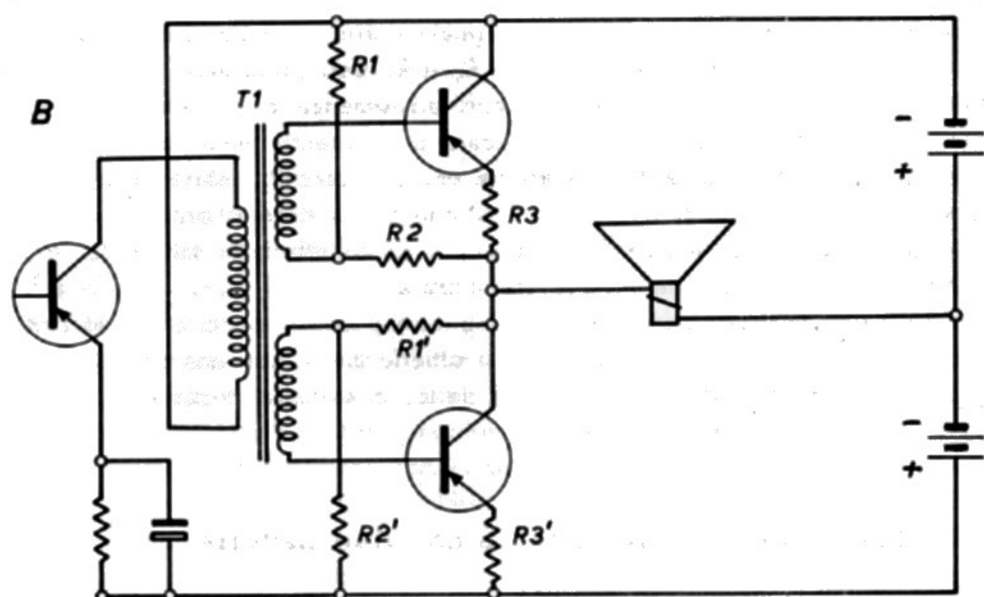
Lo stadio finale a due transistor.

Con un solo transistor finale è necessario utilizzare una parte della sua potenza, entro i limiti consentiti dalla distorsione; con due transistor è invece possibile sfruttare l'intera potenza di ciascuno di essi, poichè la disposizione in controfase annulla, in notevole parte, la distorsione, in quanto il loro funzionamento è bilanciato. Ciascun transistor amplifica il segnale con polarità opposta, per la presenza del trasformatore d'entrata T_1 in A) di fig. 10.4, per cui anche la distorsione risulta di polarità opposta. La distorsione prodotta da un transistor viene eliminata da quella prodotta dall'altro.

Così, mentre con un solo transistor si può ottenere una potenza ad es. di 80 milliwatt, con due transistor si ottiene più del doppio, non 160 mW ma 300 mW. Ciascun transistor distorge notevolmente il segnale audio, ma la distorsione risulta neutralizzata, come non esistente.

Si ottiene anche il vantaggio di una minor potenza sprecata, poichè in assenza di segnale, con un solo transistor la corrente assorbita è notevole, mentre con due è minima. Con un solo transistor l'amplificazione è in *classe A*, con il punto di lavoro





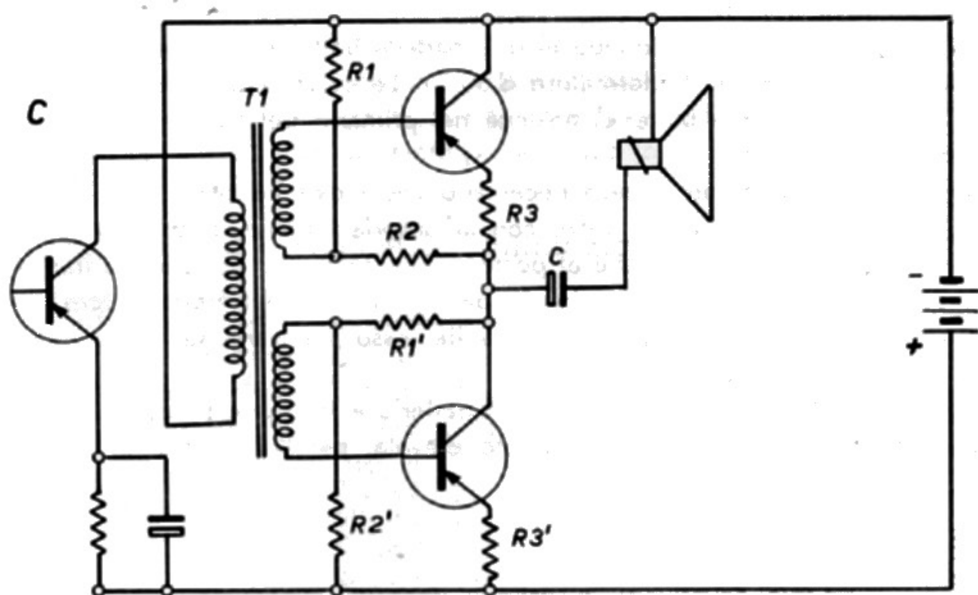


Fig. 10.4. – I tre stadi finali a transistor più impiegati.

verso il centro della caratteristica; con due transistor essa è *classe B*, con il punto di lavoro spostato verso il ginocchio della caratteristica.

Affinchè i due transistor possano funzionare in modo bilanciato è necessario un trasformatore d'entrata (T_1) detto *trasformatore pilota*, con l'avvolgimento secondario con presa al centro, ed è necessario anche un *trasformatore d'uscita* (T_2) con l'avvolgimento primario provvisto di presa al centro.

Per la presenza del trasformatore pilota, e del suo secondario con presa al centro, all'entrata dei transistor finali il segnale audio è identico, ma con polarità opposta. Mentre la corrente aumenta in uno di essi diminuisce nell'altro. Il trasformatore d'uscita provvede a ricomporre un solo segnale audio; il suo avvolgimento secondario ha solo lo scopo di adattare la bassa impedenza della bobina mobile dell'altoparlante con quella più elevata dei transistor; è quindi un trasformatore a rapporto discendente.

I due transistor funzionano con una adeguata corrente di base, ottenuta con il partitore di tensione formato dalle resistenze R_1 e R_2. Essi sono stabilizzati, in modo da non risentire gli aumenti di temperatura, con la resistenza R . Per effetto di queste resistenze, se la temperatura tende a provocare un aumento nella corrente di collettore dei due transistor, aumenta la corrente che percorre R_3, aumenta la tensione ai suoi capi e diminuisce la differenza di tensione tra emittori e basi, con la corrispondente diminuizione delle correnti di base, e di collettori. In tal modo le correnti di riposo dei collettori rimangono stabilizzate.

Il trasformatore d'uscita non è indispensabile; ciò che importa è che il circuito d'uscita dei due transistor sia bilanciato; ciò si ottiene anche con una presa al centro della bobina mobile dell'altoparlante, come detto, è soltanto necessario che l'impedenza della bobina sia piuttosto elevata.

Lo stadio finale con due transistor e con due batterie.

In B) della stessa fig. 10.4 è indicato il principio dello stadio finale con due batterie al posto di una sola. Con questa disposizione circuitale, il bilanciamento dei due transistor è ottenuto suddividendo in due parti la batteria, anzichè suddividendo in due parti il primario del trasformatore d'uscita. Le correnti di collettore dei due transistor si sommano nelle batterie, anzichè nel primario del trasformatore o nella bobina mobile.

Con questa disposizione è però necessario che i due transistor siano in serie, in modo che ciascuno possa funzionare con la propria batteria. È anche necessario che vi siano due partitori di tensione al posto di uno solo, uno per ciascun transistor.

Infine è necessario che le due metà del secondario del trasformatore pilota non siano riunite insieme, ma che siano separate; esso non varia se non per questa separazione della due metà del secondario.

La bobina mobile è collegata tra le due batterie e tra i due transistor. È necessario che essa abbia un'impedenza piuttosto elevata, poichè si trova in serie con

la resistenza R_3 (quando funziona uno dei transistor) o con la resistenza R_3' (quando funziona l'altro). Il valore della resistenza va da 3 a 6 ohm, a seconda del transistor e della tensione di alimentazione; il segnale si suddivide tra la resistenza e la bobina mobile; se l'impedenza della bobina mobile è eguale a quella della resistenza d'emittore, metà del segnale audio va perduta. Con impedenze della bobina mobile di 20 o 30 ohm, l'inconveniente è praticamente eliminato. Si possono adoperare anche bobine mobili di impedenza più alta, ma esse risultano più pesanti e meno adatte per la riproduzione delle frequenze sonore elevate.

Lo stadio finale « single ended ».

In C) della stessa fig. 10.4 è indicato l'accorgimento circuitale che consente di sostituire le due batterie dello stadio B) con una sola, di tensione doppia. I due transistor sono ancora in serie, e ciascuno di essi funziona con metà della tensione della batteria; alla suddivisione in due parti eguali della tensione provvedono i due partitori di tensione, quelli che in B) sono usati soltanto per fornire la corrente di base ai due transistor.

Essendo questi due partitori eguali, essi suddividono la tensione di alimentazione in due parti eguali. Ciascuno dei transitor si trova a funzionare ai capi del proprio partitore, formato da R_1 e R_2 per quello disegnato in alto, e da R_1' e R_2' per quello in basso. Il collettore del primo transistor, pur avendo il collettore collegato direttamente al polo negativo della batteria, funziona con metà della sua tensione; ciò avviene anche per il secondo transistor.

In tal modo, tutto procede come se le batterie fossero due; rimane il problema del collegamento della bobina mobile dell'altoparlante. Da un lato essa deve trovarsi al centro tra i due transistor, come in B), dall'altro lato deve andare alla batteria; affinchè non metta in cortocircuito uno dei transistor, deve trovarsi in serie con un condensatore elettrolitico C. È indifferente che venga collegata al più o al meno della batteria; se, come in figura, è collegata al meno, il condensatore è posto nel modo indicato; se viene collegata al positivo, il condensatore deve venir invertito. In ogni caso, essa si trova in serie al circuito di emittore di uno dei transistor, e in serie a quello di collettore dell'altro.

Il condensatore C presenta una certa reattanza alle frequenze del segnale audio; è necessario che l'impedenza della bobina mobile non sia troppo bassa, o per lo meno che la capacità di C sia tanto più alta quanto l'impedenza della b.m. è bassa.

Lo stadio finale a simmetria complementare.

La fig. 10.5 riporta nuovamente lo stadio finale con transistor in serie e una sola batteria, denominato « single ended » per poterlo confrontare con lo stadio a simmetria complementare. Sostituendo uno dei due transistor dello stadio « single ended », indicato in A) con altro di tipo NPN, non è più ncessario neppure il par-

titore di tensione, formato dalle quattro resistenze in serie. I transistor NPN non funzionano con polarità opposta a quella dei transistor PNP. In pratica sono in uso quasi esclusivamente transistor di tipo PNP; è però possibile costruire gli stessi transistor anche con polarità opposta, con il collettore a tensione positiva anzichè negativa, e l'emittore negativo anzichè positivo.

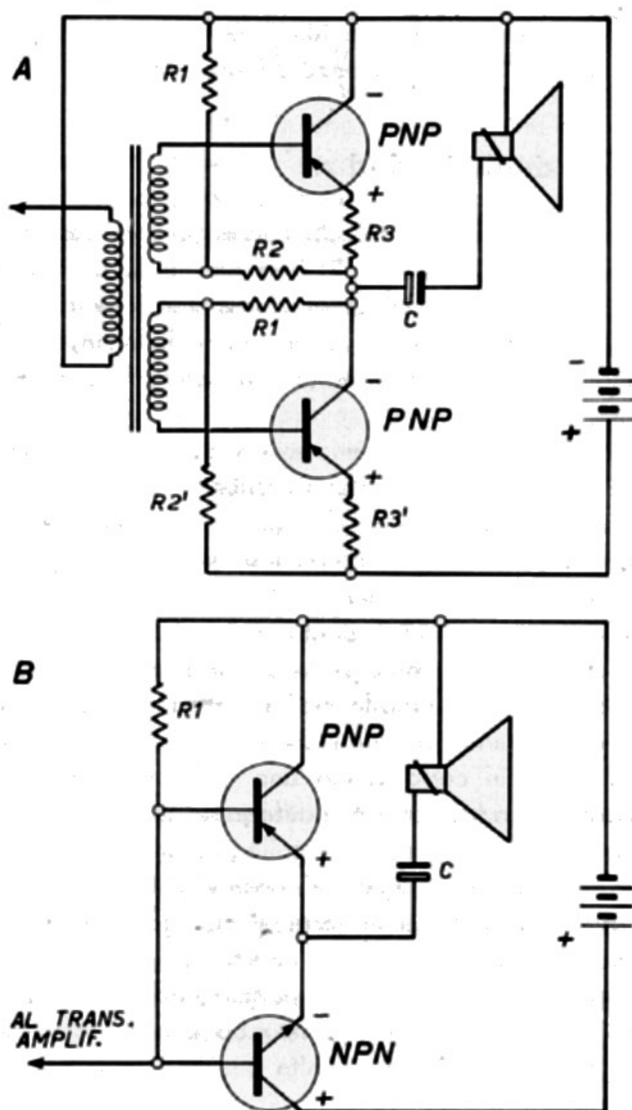


Fig. 10.5. – In alto: « single ended »; in basso: « simmetria complementare ».

Se i due transistor finali sono approntati in modo da avere le stesse identiche caratteristiche, in modo da funzionare in controfase, ed uno di essi è di tipo PNP mentre l'altro è NPN, provvedono essi stessi a suddividere in due parti la tensione della batteria, rendendo inutile il partitore di tensione.

La corrente di base di riposo a ciascuno dei transistor giunge con una sola resistenza, la R_1, poichè le basi possono venir collegate insieme. In tal modo, però, manca la stabilizzazione termica; pur funzionando con una sola resistenza, e un solo condensatore, non è opportuno utilizzare lo stadio con una disposizione così semplice. Il principio però è quello indicato in figura.

La fig. 10.6 illustra come può venir modificato il circuito in modo che i due transistor risultino protetti contro la deriva termica. La R_1 è opportuno collegarla tra la bobina mobile e il condensatore elettrolitico C', ed in serie con la resistenza R_2, in modo da formare un partitore di tensione, nel quale la corrente varia con l'aumento della temperatura. Sono anche necessarie le due resistenze di emittore, sempre allo scopo di assicurare la stabilizzazione termica.

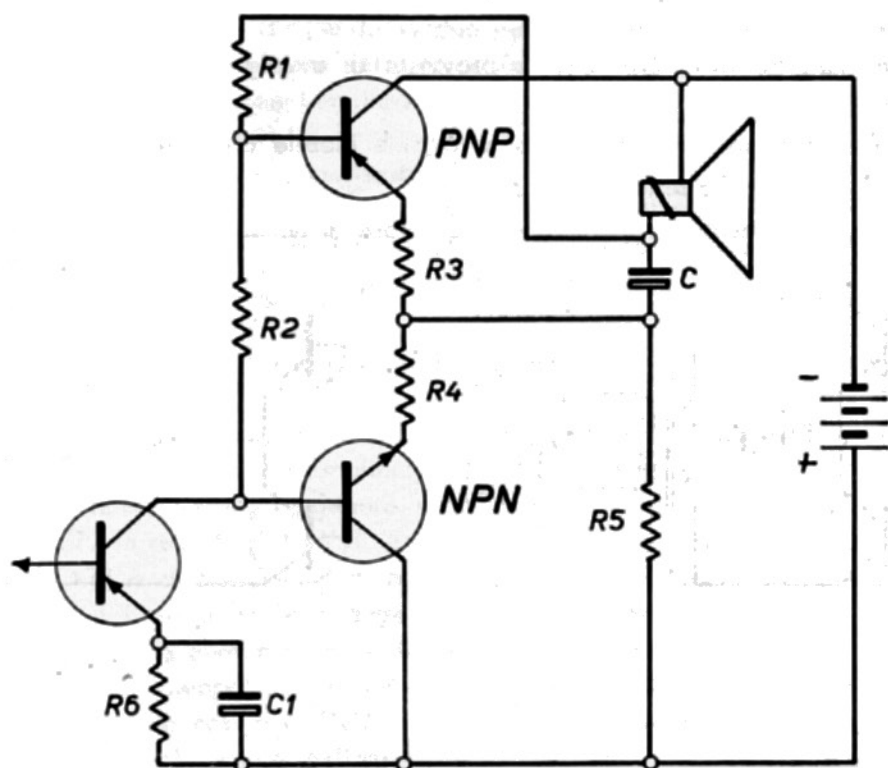


Fig. 10.6. – Stadio finale a simmetria complementare con protezione per la deriva termica.

Essendo le due basi collegate insieme, e l'entrata una sola, non è più necessario che il segnale audio sia doppio, in opposizione di fase, quindi il trasformatore risulta superfluo. Potrebbe venir usato un trasformatore intertransistoriale, con un solo secondario, come se lo stadio finale funzionasse ad un solo transistor. Poichè però la tensione di base del transistor finale NPN corrisponde alla tensione neces-

saria al collettore del transistor amplificatore, in sostituzione del transistor pilota, è possibile il collegamento diretto tra l'uscita del transistor amplificatore e l'entrata dello stadio finale come in fig. 10.6.

Con questa ingegnosa disposizione circuitale e con la « simmetria complementare » tra i due transistor finali, uno PNP e l'altro NPN, risultano superflui ambedue i trasformatori, quello pilota e quello d'uscita.

I quattro tipi di stadio finale a due transistor.

RIASSUNTO.

I due transistor dello stadio finale degli amplificatori alimentati con batteria di pile a secco, possono venir collegati in quattro modi diversi. Essi sono indicati dalla fig. 10.7. Sono i seguenti:

A) con trasformatore d'uscita provvisto di avvolgimento primario con presa al centro;

B) con altoparlante provvisto di bobina mobile con presa al centro;

C) con due batterie in serie;

D) con transistor in serie e condensatore di accoppiamento C.

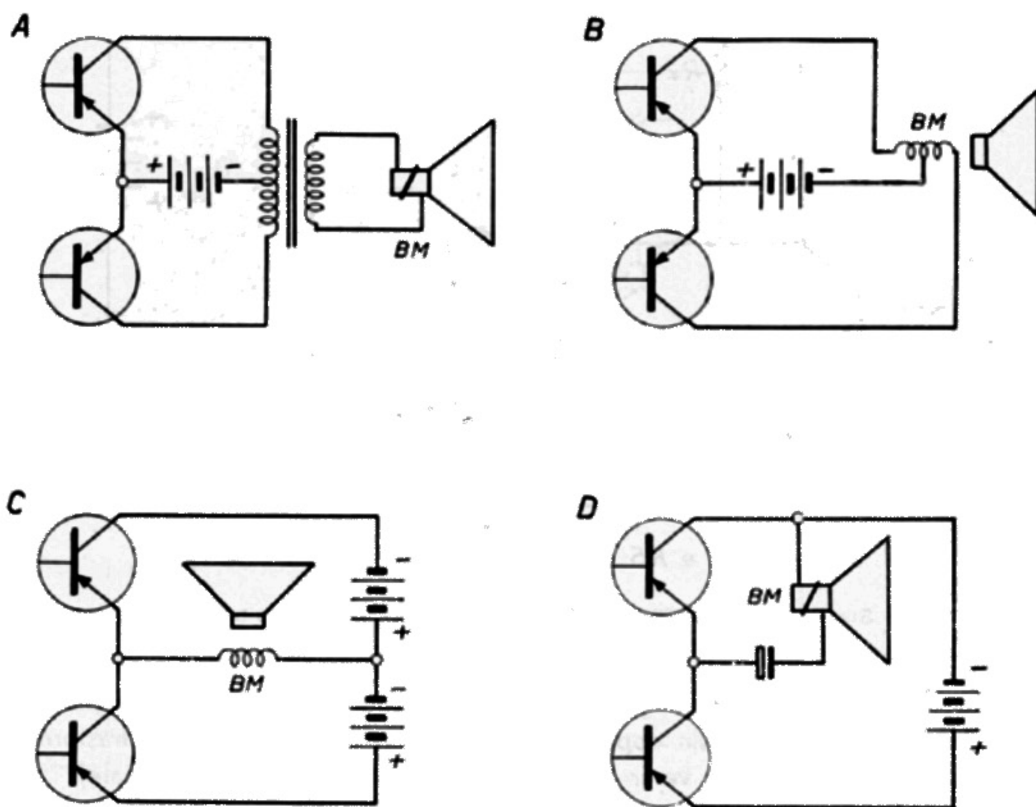


Fig. 10.7. – I quattro possibili circuiti finali in controfase.

Lo stadio di tipo A) è quello in controfase, usato anche per le valvole, e già descritto nel capitolo 8°. La batteria è inserita tra gli emittori dei due transistor e la presa del primario del trasformatore d'uscita. La bobina mobile dell'altoparlante è collegata all'avvolgimento secondario del trasformatore.

Lo stesso risultato si può ottenere provvedendo la bobina mobile di una presa, con il vantaggio di poter eliminare il trasformatore d'uscita. È questo il tipo B). Esso presenta lo svantaggio, relativamente modesto, di richiedere una bobina mobile ad impedenza più elevata. Mentre quella del tipo A) può avere un'impedenza bassa, da 3 a 8 ohm, quella del tipo B) deve essere di 65 + 65 ohm o di 100 + 100 ohm, in quanto sostituisce il carico dei transistor finali, ottenuto con l'avvolgimento primario del trasformatore d'uscita.

Invece di dividere in due parti la bobina mobile dell'altoparlante è possibile ottenere lo stesso risultato dividendo in due parti la batteria, ossia impiegando due batterie in serie al posto di una sola, come indicato in C). Occorre però disporre i due transistor in serie, con l'emittore del primo unito al collettore del secondo. La bobina mobile può essere di impedenza di valore medio, da 20 a 30 ohm.

Con i transistor in serie, come in C), si può eliminare la doppia batteria, e usarne una sola, ma occorre mettere un condensatore elettrolitico di capacità elevata (500 microfarad) in serie alla bobina mobile. Anche in questo caso è opportuno che essa sia ad impedenza media o alta. Si ottiene la disposizione indicata in D.

Amplificatori a transistor per fonovaligie.

Le fonovaligie a transistor sono molto diffuse data l'autonomia della rete-luce. Generalmente funzionano con amplificatore a quattro transistor, due dei quali nello stadio finale in controfase; in genere sono due OC72, due OC74 o due AC128. Con due OC72 la resa d'uscita è di 200 milliwatt, con due OC74 è di 400 milliwatt, con due AC128 è di 800 milliwatt. Maggiore è la resa d'uscita, maggiori sono le dimensioni e il peso delle fonovaligette, dato il maggior ingombro e peso della batteria di pile. Essa alimenta anche il motorino del giradischi.

Un esempio di amplificatore con resa d'uscita di 200 milliwatt, e perciò provvisto di stadio finale con due OC72, è quello di fig. 10.8. Un cavetto schermato collega il pick-up al cursore della resistenza variabile in funzione di controllo di volume, tramite la resistenza R_2. Il primo transistor provvede all'amplificazione di tensione; è un OC71; alla sua entrata vi è il partitore di tensione formato dalle resistenze R_3 e R_4. Il circuito è quello descritto nelle pagine precedenti.

Il secondo transistor è anch'esso un OC71; provvede al pilotaggio dello stadio finale; quest'ultimo comprende due OC72, con i due soliti trasformatori, d'entrata e d'uscita. Il divisore di tensione per i due transistor finali è formato da un lato dalla resistenza semifissa P_2 in serie con la fissa R_{11}, e dall'altro lato dalla resistenza R_{12} in parallelo con un termistore R_{10}. La semifissa P_2 va regolata all'atto della messa a punto dell'amplificatore, in modo che l'assorbimento di corrente dei due transistor finali sia quello stabilito.

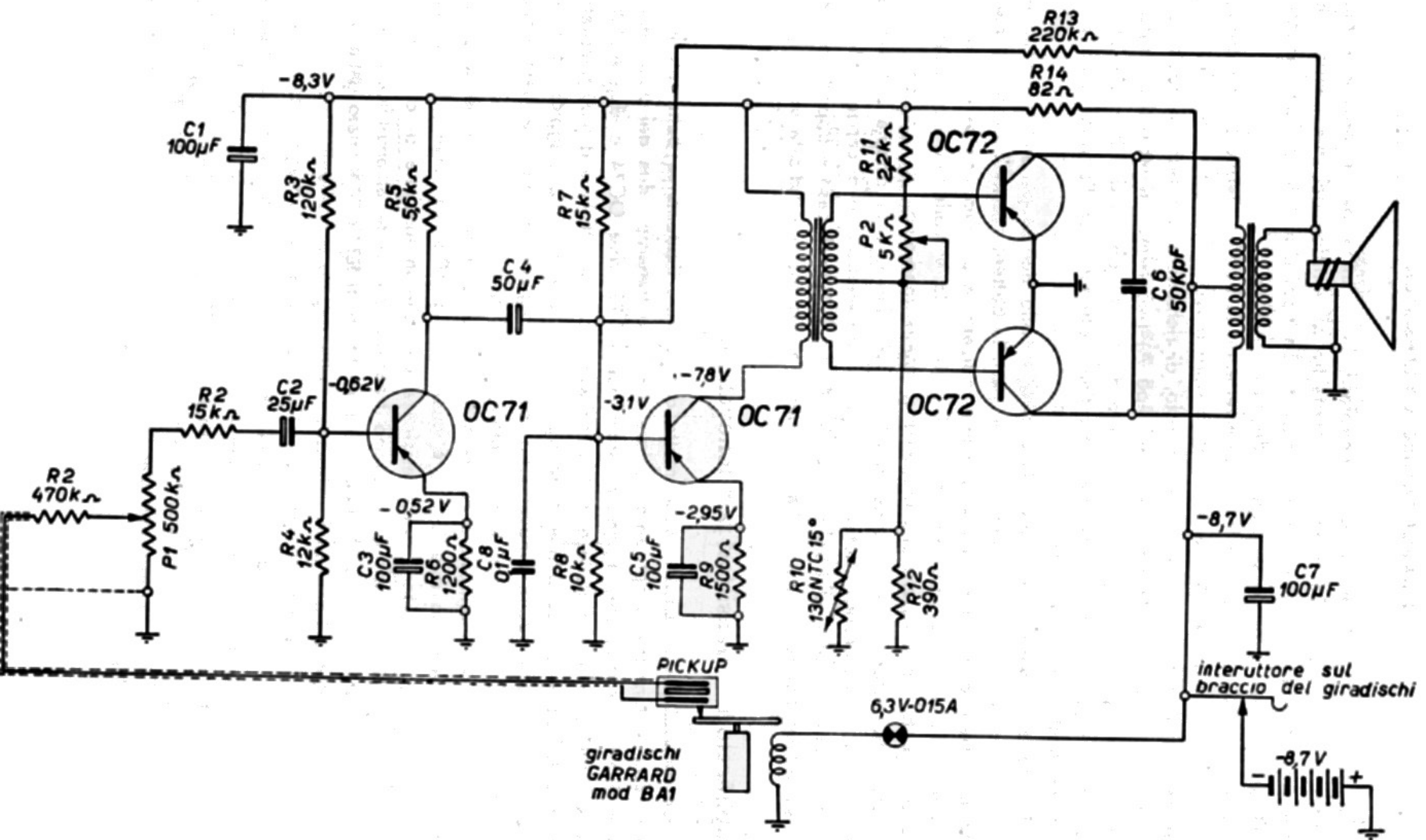


Fig. 10.8. – Schema di amplificatore a transistor, per fonovaligia.

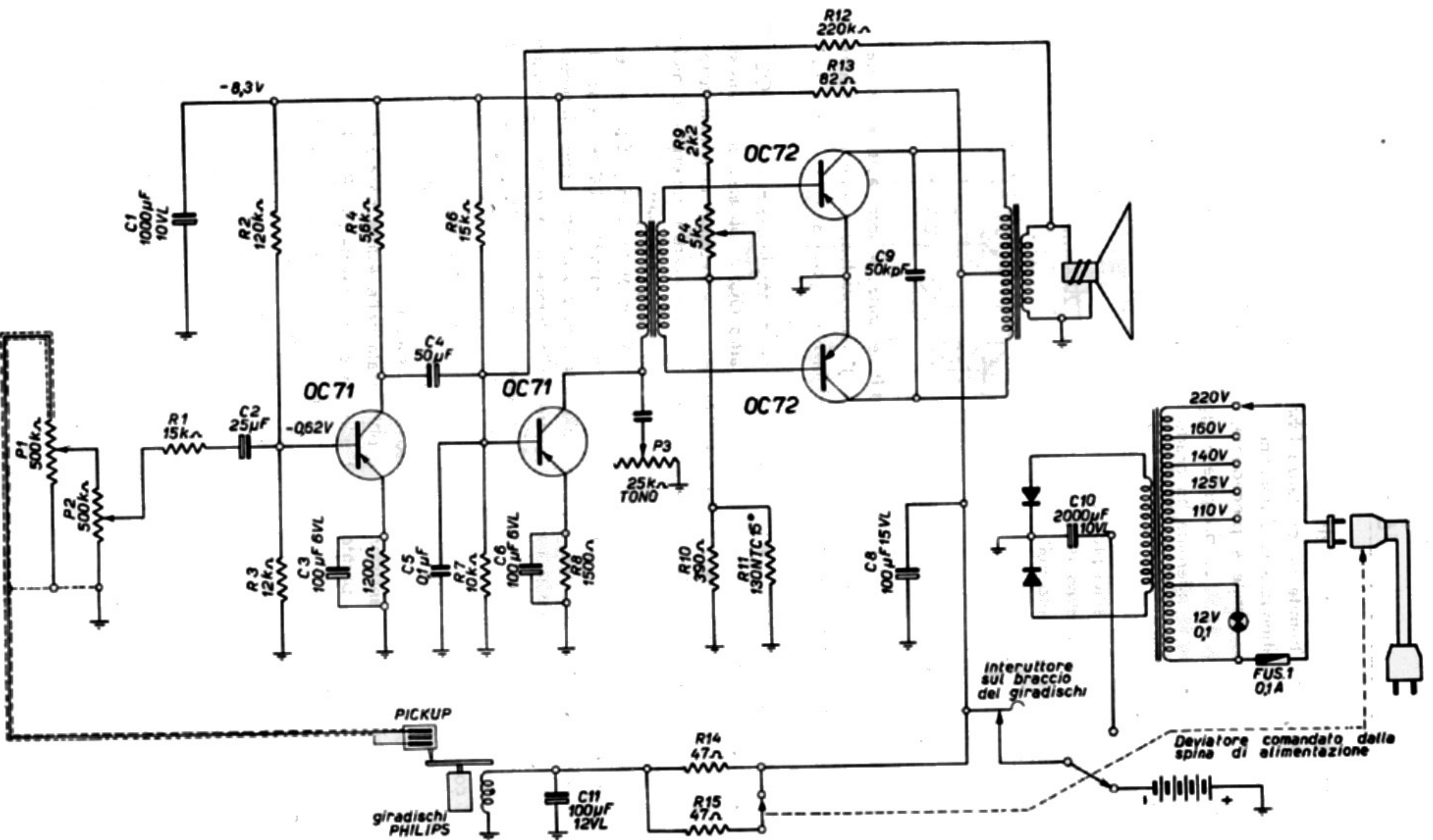


Fig. 10.9. – Schema di amplificatore batteria/rete-luce, per fonovaligia.

Una tensione di controreazione è prelevata dal secondario del trasformatore d'uscita e applicata, tramite la resistenza fissa R_{13}, all'entrata del secondo transistor OC71. Consente di attenuare la distorsione.

Un altro esempio, simile al precedente, di amplificatore per fonovaligia a transistor, è quello di fig. 10.9. La diversità maggiore consiste nella presenza di un alimentatore funzionante in alternata, in grado di fornire la tensione negativa, di alimentazione dell'amplificatore, di 9 volt. Il deviatore batteria/alimentatore è ccmandato dalla stessa spina del cordone rete-luce.

Due rettificatori metallici provvedono al raddrizzamento della tensione alternata. Un condensatore elettrolitico di elevatissima capacità, 2000 microfarad, C_{10}, provvede all'iniziale livellamento della tensione raddrizzata.

L'amplificatore, rispetto al precedente, è provvisto di un controllo di livello (P_1) e di un controllo di tono (P_3).

FONOVALIGIA A TRANSISTOR PHILIPS.

Le fonovaligie a transistor sono molto diffuse data la loro autonomia dalla rete-luce. Un esempio di fonovaligia a quattro transistor, funzionante con batteria di pile da 6 volt, durata di 30 ore circa, è la Philips mod. NG 3502 T. La fig. 10.10 ne riporta lo schema complessivo.

Come sempre, il primo transistor provvede alla preamplificazione; è un OC71. Il secondo provvede alla funzione di pilota; è un altro OC71. Gli altri due transistor sono collegati in coppia, in circuito controfase, e provvedono all'amplificazione finale; sono una coppia di OC74, selezionati in modo da avere caratteristiche molto simili, e poter funzionare in coppia. La resa d'uscita è di 500 milliwatt.

All'entrata vi sono i due controlli di volume (R_1) e di tono (R_3). Con le resistenze R_5 e R_6 è ottenuta la polarizzazione del primo transistor. La resistenza R_7, nel circuito di emittore del transistor, ne stabilizza il funzionamento, con riferimento alle tensioni continue, specialmente al variare della temperatura di funzionamento del transistor stesso. Il condensatore C_3 in parallelo, consente di evitare perdite di amplificazione.

Il condensatore C_4 di 8 microfarad provvede all'accoppiamento con il secondo transistor, all'entrata del quale perviene anche la resistenza R_{13} in circuito a controreazione, per stabilizzare il funzionamento dello stadio finale.

La coppia dei due transistor finali è polarizzata nelle esatte condizioni di funzionamento, mediante un partitore costituito dalle tre resistenze R_{15}, R_{16} e R_{17}; quest'ultima è semifissa, allo scopo di consentire il bilanciamento dei due transistor, per compensare eventuali differenze nelle loro caratteristiche.

All'uscita dello stadio finale, la resistenza R_{18} in serie con il condensatore C_8, provvede ad eliminare frequenze di fruscio ed altre frequenze molto elevate, indesiderabili.

Nel circuito di alimentazione vi sono due filtri antiparassitari, necessari per eliminare i disturbi che potrebbero venir causati dal motorino a spazzole. Uno di

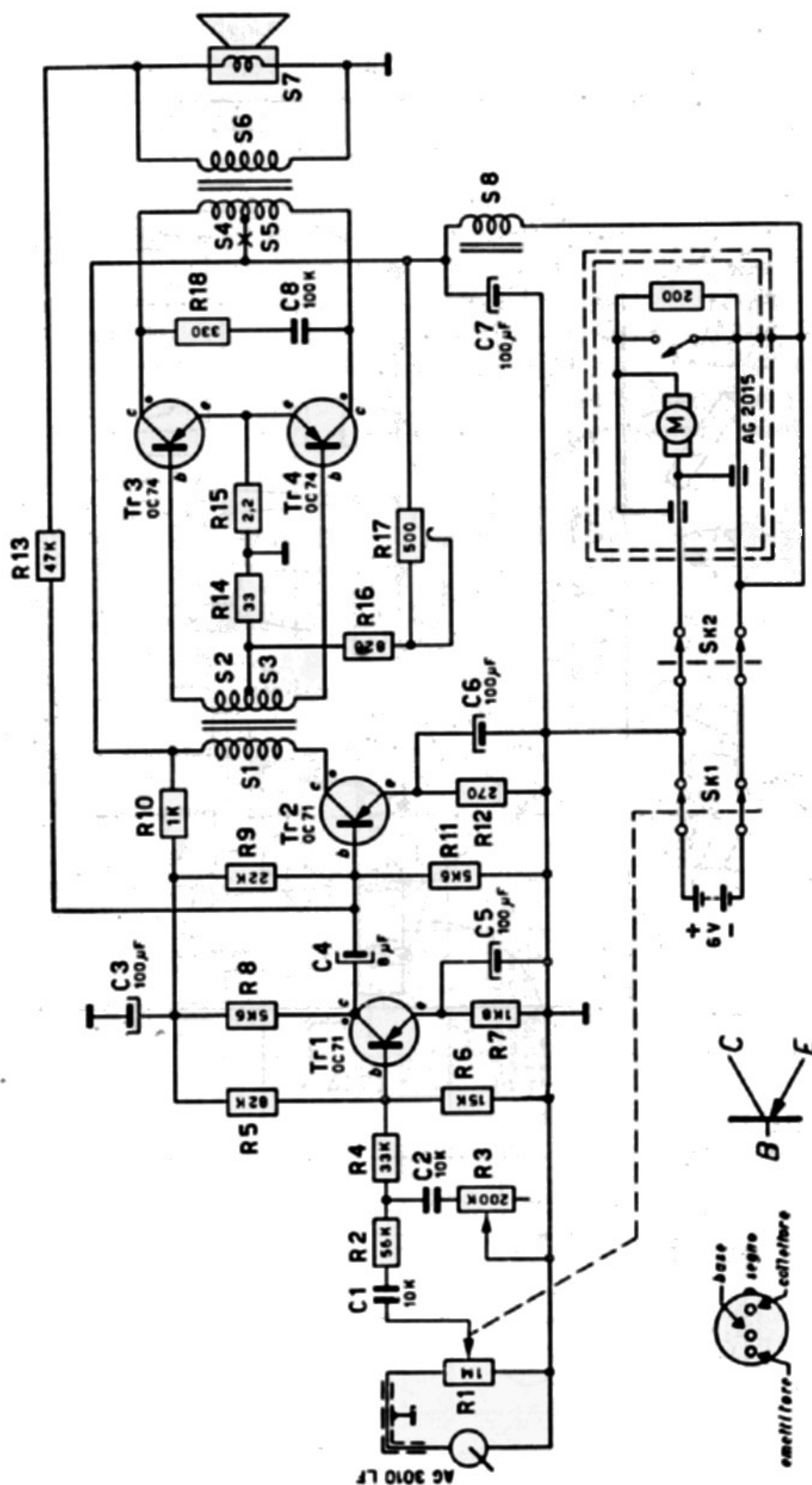


Fig. 10.10. – Schema di fonovaligia a transistor, Philips mod. NG. 3502 T.

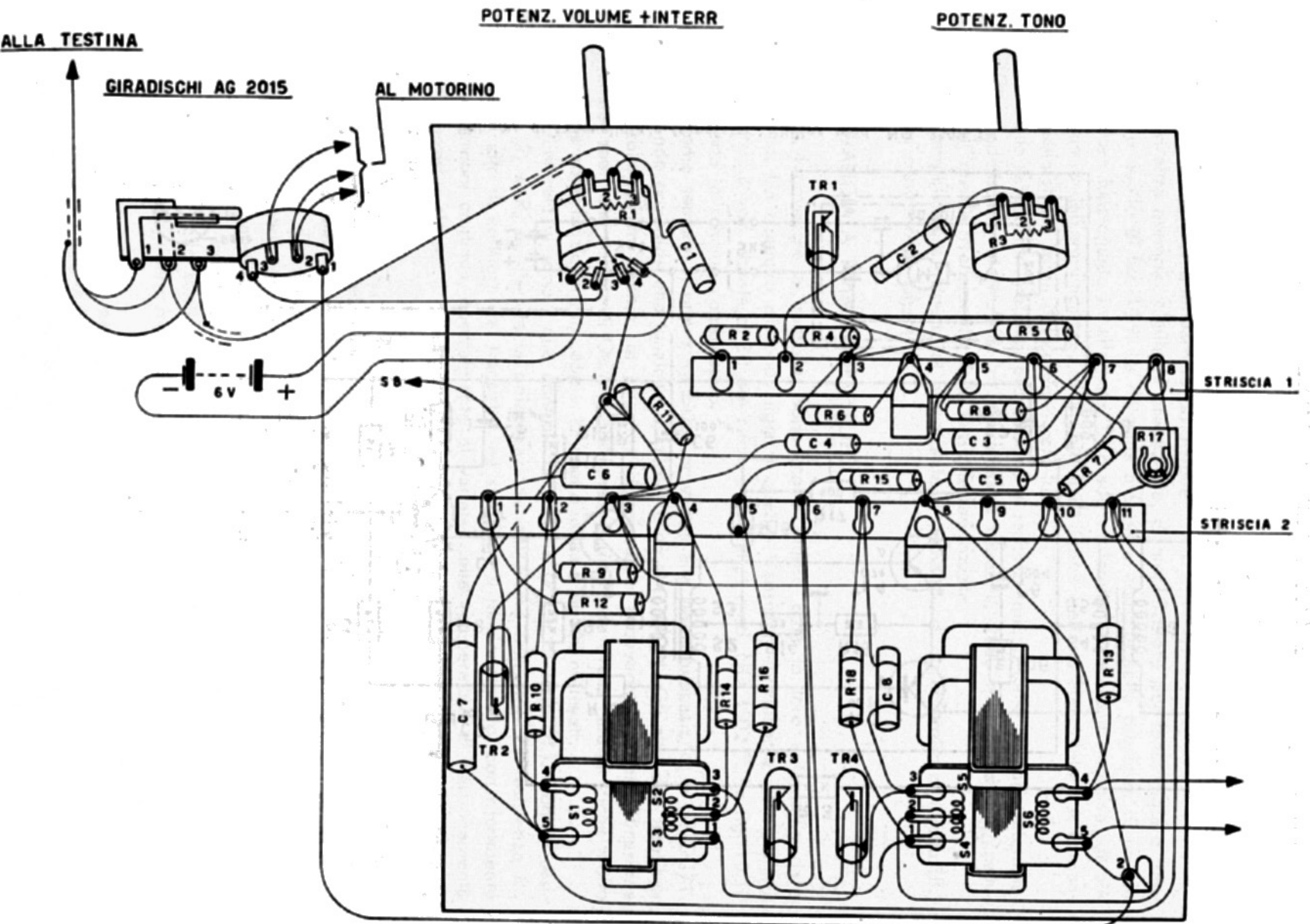


Fig. 10.11. - Posizione dei componenti dell'amplificatore a transistor, della fonovaligia Philips mod. NG. 3502 T.

essi è formato dall'impedenza S_8 e dal condensatore C_7; l'altro è formato dalla resistenza R_{10} e dal condensatore C_3. Il motorino è fortemente schermato.

Qualora fosse necessario provvedere alla messa a punto dello stadio finale, procedere nel seguente modo:

Inserire un milliamperometro d. c. nel circuito di alimentazione di S_4-S_5, nel punto indicato con X nello schema di principio.

Disporre il cursore nella posizione di massima resistenza.

Applicare la tensione di alimentazione e regolare il potenziometro R_{17} sino ad avere una corrente di riposo dello stadio finale di 8 ÷ 10 mA.

Poichè i transistor sono connessi in push-pull e le correnti del collettore dei due transistor devono essere uguali fra di loro entro certi limiti, è necessario, nel caso di difetto di un transistor, sostituirli entrambi con una coppia del tipo 2 OC74 selezionati. Dopo il montaggio dei due nuovi transistor, regolare nuovamente il valore del resistore R_{17}.

Amplificatore a transistor da 800 milliwatt, con due AC128.

Mentre con due OC72 si ottengono 200 milliwatt d'uscita e con due OC74 se ne ottengono 400, con due AC128 si ottiene la notevole resa d'uscita di 800 milliwatt. Tali indicazioni sono approssimative, dato che possono variare con la tensione della batteria di pile, e con la distorsione ammissibile.

Uno schema di amplificatore adatto per funzionare con due AC128 finali, in controfase con trasformatori d'entrata e d'uscita, è quello di fig. 10.12. I due primi

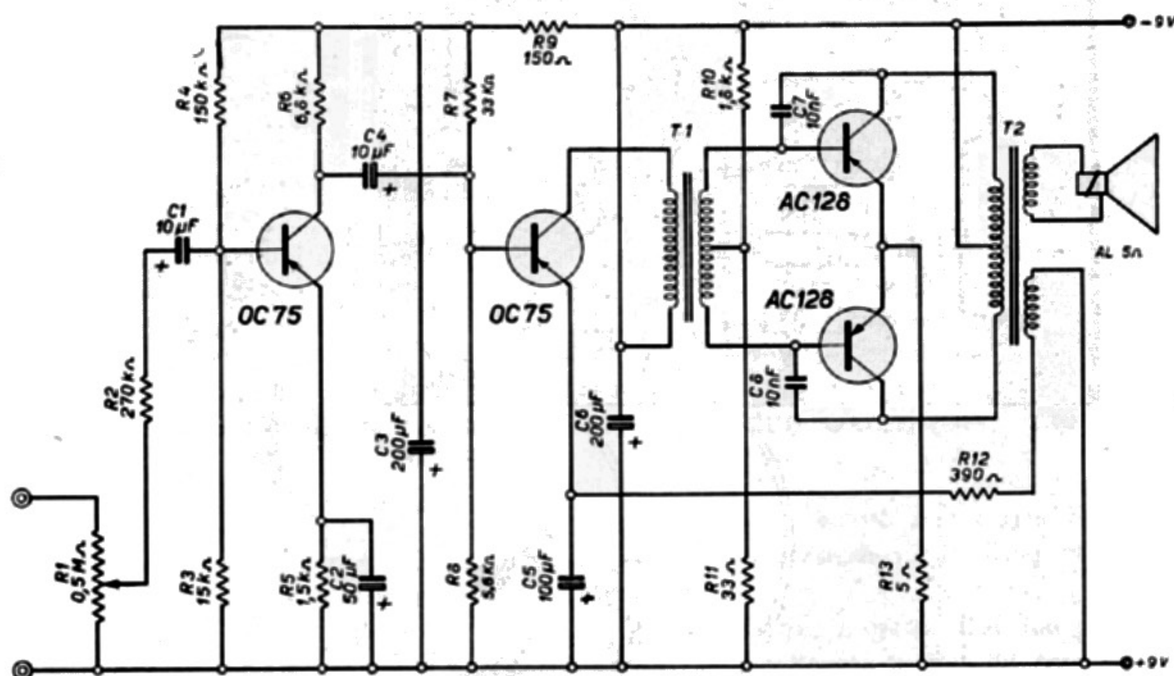


Fig. 10.12. – Amplificatore con stadio finale comprendente due AC128.

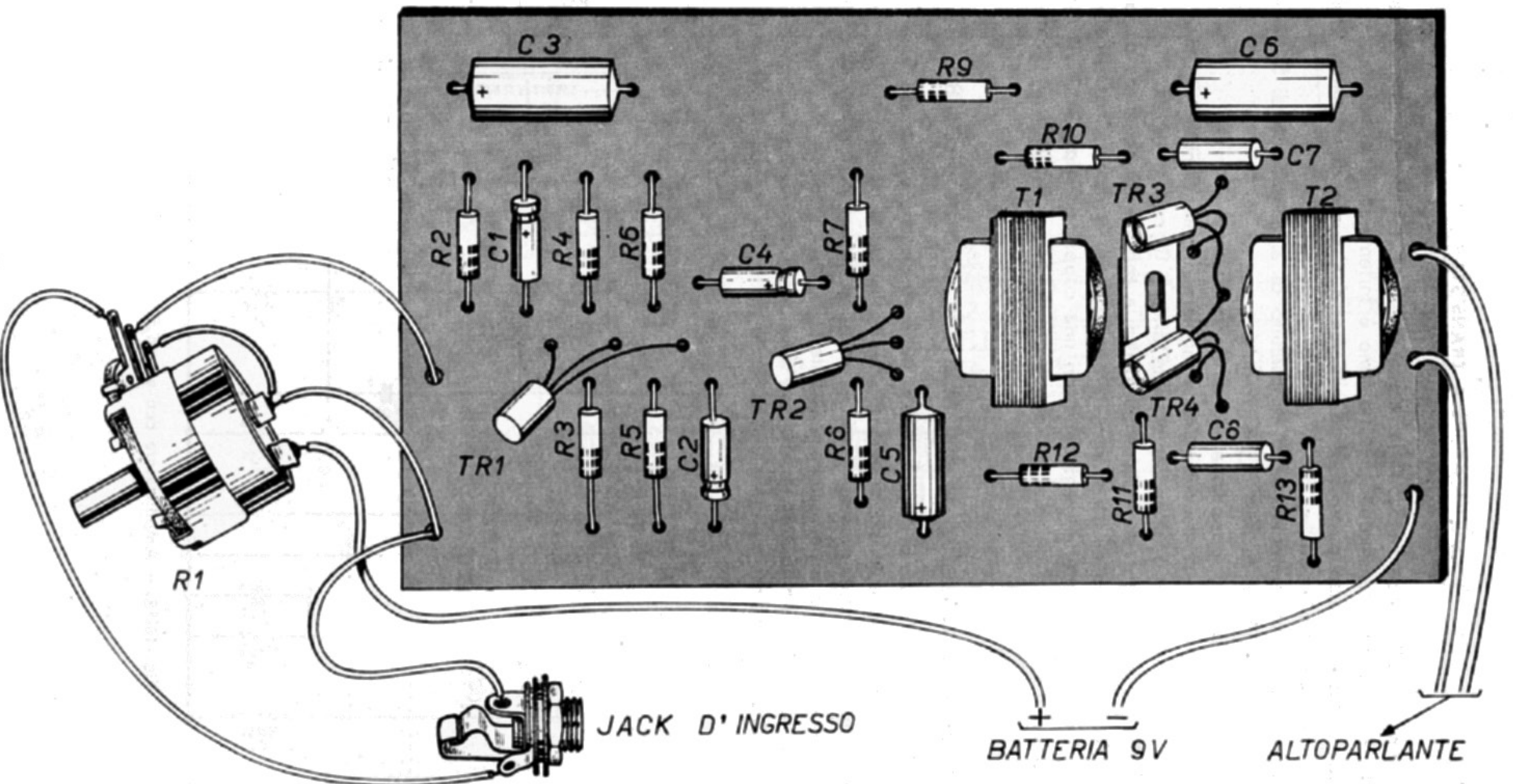


Fig. 10.13. – Disposizione dei componenti.

transistor sono due OC75; sono utilizzati nello stadio d'amplificazione di tensione e in quello pilota, senza alcuna particolarità degna di rilievo.

La disposizione dei componenti sopra il pannello può essere quella di fig. 10.13. I due transistor finali sono inseriti entro l'apposito radiatore termico (alette di raffreddamento), data l'elevata corrente di collettore. Tale corrente è, in assenza di segnale, di 16 milliampere circa.

Il divisore di tensione all'entrata dei transistor finali è formato dalle resistenze R_{10} e R_{11}; se esse sono di valore sufficientemente preciso, non è necessaria nessuna resistenza semifissa, essendo molto diverso il valore delle due resistenze.

Il trasformatore d'entrata e quello d'uscita sono quelli adatti per una coppia di OC74 (GCC H/504 e GBC H/505); al trasformatore d'uscita sono state aggiunte alcune spire, come indica la fig. 10.14, per ottenere un avvolgimento per la contro-

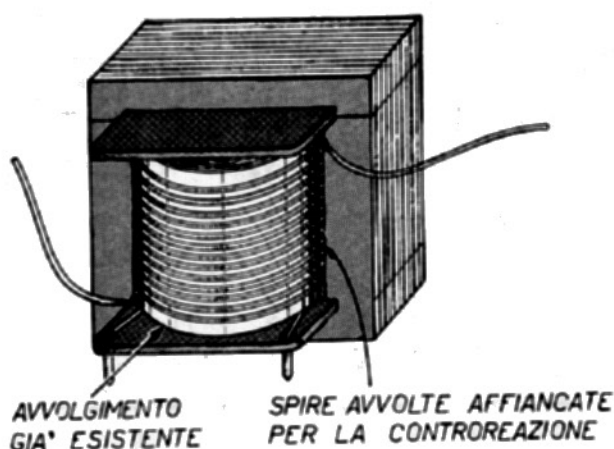


Fig. 10.14. - Trasformatore d'uscita.

reazione. È ottenuto con filo di rame smaltato di 0,2 mm; le spire possono variare da 30 a 50.

La batteria di alimentazione è da 9 volt; è necessario sia di capacità notevole.

Esempio di amplificatore a transistor, con due OC74, per sintonizzatore FM.

Un amplificatore con resa d'uscita di 400 milliwatt, adatto per buone riproduzioni sonore, con due OC74 nello stadio finale in controfase, è quello di fig. 10.15. Si presta bene per funzionare con sintonizzatore FM.

La batteria di pila da 9 volt è collegata con il *negativo a massa*. Dei due primi transistor, quello utilizzato per la pre-amplificazione è collegato in *circuito con collettore comune*, anzichè con emittore comune, come generalmente avviene. L'am-

plificazione che ne risulta è minore, mentre la stabilità di funzionamento è maggiore, per cui questa disposizione circuitale è opportuna solo se il segnale audio all'entrata è di ampiezza elevata, come appunto lo è quello fornito da un sintonizzatore radio.

Il collettore del primo OC71 è collegato a massa; la resistenza di carico R_4, di 10 chiloohm, è inserita nel circuito di emittore. La base è a 4,7 volt, l'emittore è a 4,9 volt; queste tensioni si riferiscono alla massa.

All'entrata del primo transistor vi è il controllo di volume di tipo fisiologico, ottenuto con una resistenza provvista di una presa per la rete formata da R_1 e da C_2 in serie; essa consente il rinforzo dei toni bassi, a livelli ridotti di volume sonoro.

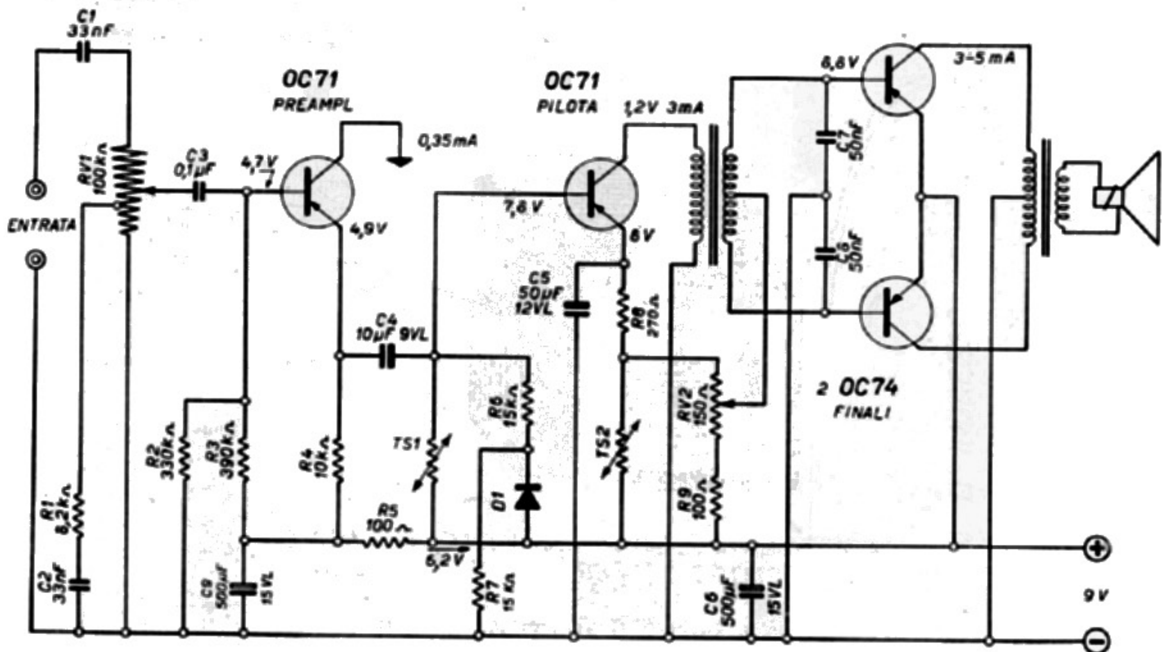


Fig. 10.15. – Stadio finale con due OC74, per sintonizzatore FM.

All'entrata del secondo transistor, in circuito con emittore comune, vi è un doppio divisore di tensione, per mantenere la polarizzazione di base indipendente dalle variazioni di tensione della batteria e di temperatura; un divisore è costituito dalla resistenza R_7 e dal diodo D_1; il secondo divisore è formato dalla resistenza R_6 e dal termistore TS_1.

La tensione di polarizzazione per lo stadio finale è prelevata dal circuito di emittore del transistor pilota, tramite la resistenza semifissa RV_2 di 150 ohm, in serie con la fissa R_9 di 100 ohm, e in parallelo con un secondo termistore TS_2.

I due condensatori C_7 e C_8 all'entrata dello stadio finale provvedono ad eliminare tutte le note stridenti e le frequenze troppo alte.

Esempio di amplificatore con stadio finale del tipo « single ended ».

La fig. 10.16 illustra schematicamente un amplificatore con due OC74 nello stadio finale, disposti in circuito « single ended », in modo da poter fare a meno del trasformatore d'uscita. Il principio di funzionamento è quello di fig. 10.5.

La batteria da 6 volt è collegata con il *negativo a massa*. È in parallelo con un condensatore elettrolitico di elevatissima capacità, C_8 di 1500 microfarad, 8 VL; il quale ha lo scopo di evitare ogni minima variazione di tensione al variare della corrente assorbita.

All'entrata del primo transistor vi è il divisore di tensione formato dalle resistenze R_2 e R_3. Nel circuito di emittore, al posto della solita resistenza fissa ve ne sono due, R_4 e R_5; la resistenza in più è la R_4, fuori dall'azione livillatrice dell'elettrolitico C_6. Con tale resistenza è ottenuta una minima controreazione, sufficiente però per eliminare parte della distorsione introdotta dal transistor.

La resistenza di carico del primo transistor R_6, di 4,6 chiloohm è a massa, dato il collegamento della batteria di pile. Il divisore di tensione all'entrata del secondo transistor è formato da R_7 e R_8.

Il trasformatore pilota ha i due secondari separati; ciascuno di essi è in parallelo con il proprio divisore di tensione. I due transistor finali sono in serie, il collet-

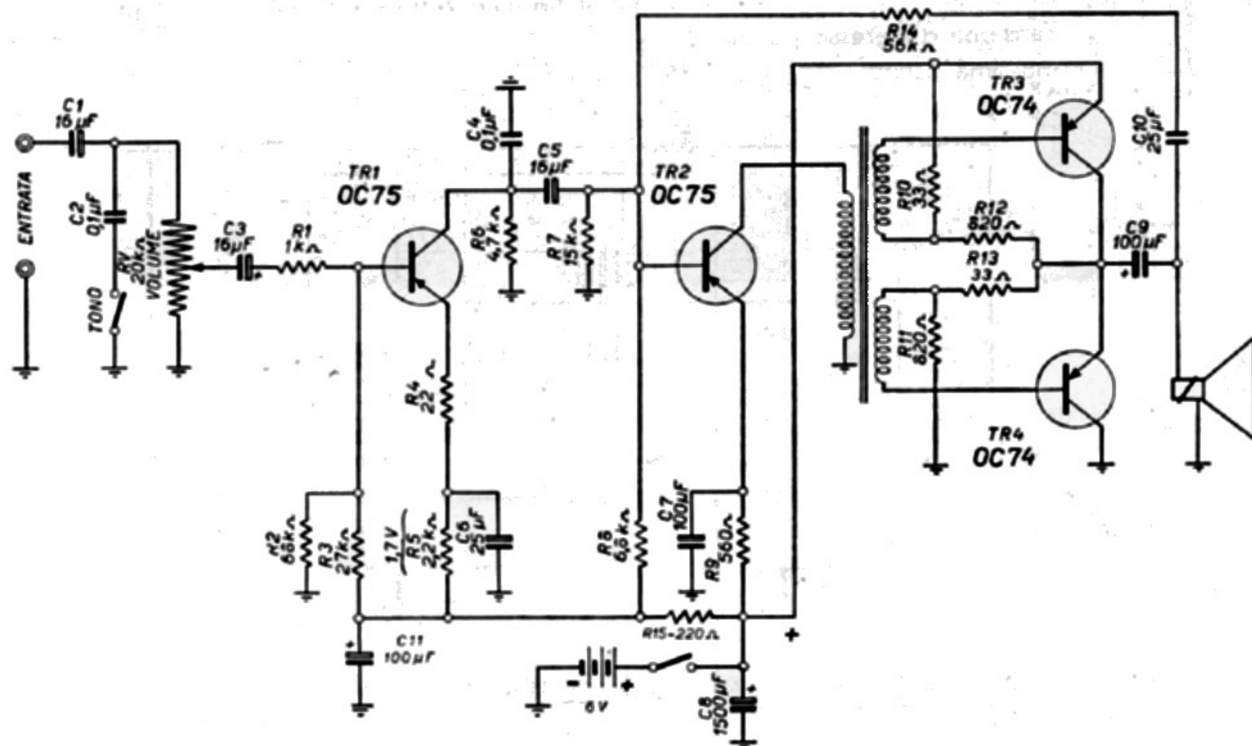


Fig. 10.16. - Amplificatore di tipo « single ended », con OC74.

tore di uno è unito all'emittore dell'altro. Il circuito di controreazione è formato da C_{10} e da R_{14}.

L'altoparlante da 0,5 watt ha la bobina mobile ad impedenza di 8 o 15 ohm, per evitare perdite di frequenze basse, dato che si trova in serie con il condensatore C_9, di 100 microfarad, 6 VL. La resa di uscita è di 400 milliwatt.

Esempio d'amplificatore con due AC128 in stadio finale « single ended ».

La fig. 10.17 riporta lo schema di un amplificatore a quattro transistor, con due AC128 montati in push-pull, in circuito « single ended ».

Sono collegati in serie per ciò che riguarda l'alimentazione; ricevono sulle basi due segnali distinti ed opposti di fase grazie al trasformatore pilota a due secondari; e l'uscita è prelevata dal punto intermedio di collegamento dei due transistor, tramite il condensatore C_7 da 400 µF. Tale capacità consente buone riproduzioni di frequenze basse, anche con altoparlante di 8 ohm d'impedenza.

Le caratteristiche sono le seguenti:

Potenza massima . . .	oltre un W
Distorsione	3 % massima
Risposta in frequenza . .	lineare da 100 a 8000 Hz entro 3 dB
Consumo	12 mA a segnale zero - 170 mA a piena pot.
Tensione d'ingresso per la massima uscita	350 mV eff.

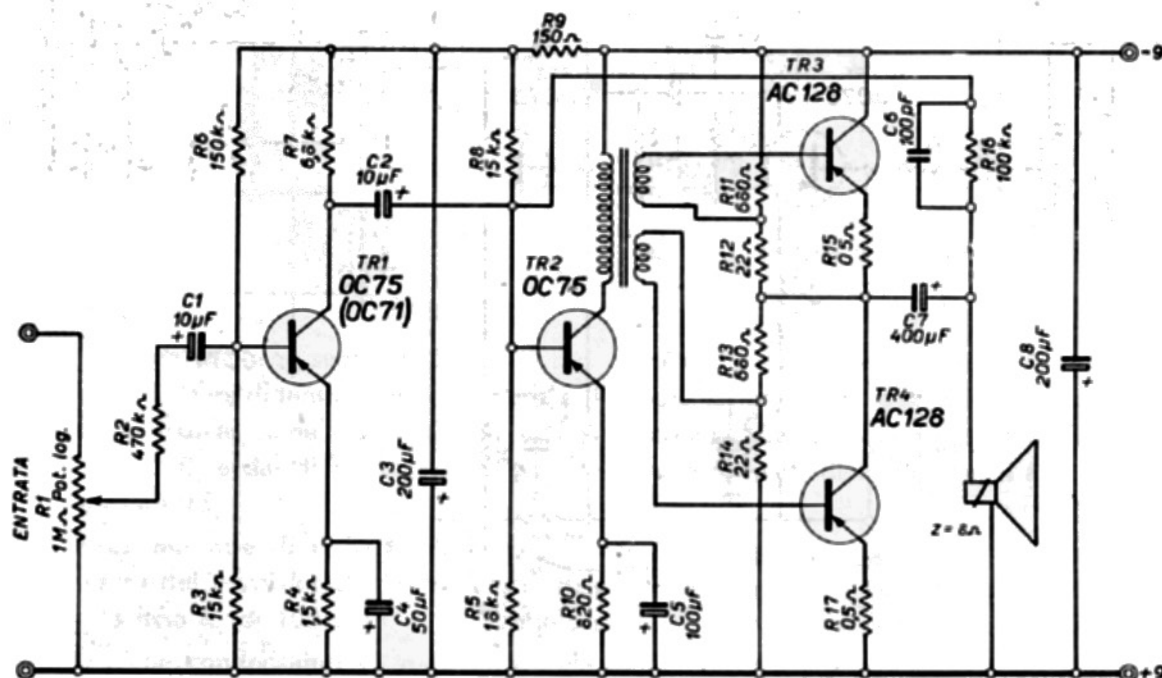


Fig. 10.17. – Amplificatore « single ended », con AC128.

Se si elimina le resistenza R_2, adattatrice d'impedenza, la tensione d'ingresso richiesta per raggiungere la potenza d'uscita di un watt scende a 340 mV.

Le resistenze d'emettitore dei transistor finali sono da 0,5 ohm ed ognuna è formata da circa due cm di filo nichel-cromo da 0,2 avvolto su una resistenza da un quarto di watt, di alto valore ohmico.

In fig. 10.18 è illustrato il piano di cablaggio su basetta isolante: osservare la razionale disposizione dei componenti che rende il montaggio chiaro e pulito.

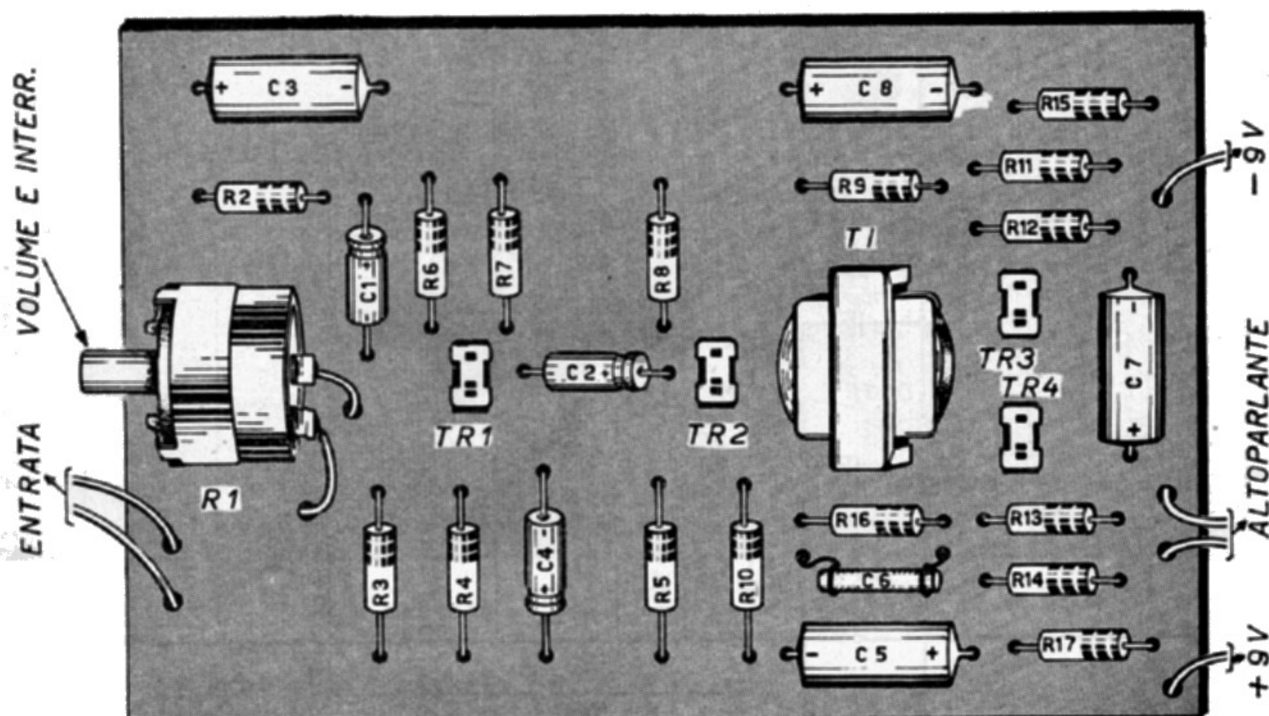


Fig. 10.18. – Piano di cablaggio.

I transistor non sono rappresentati poichè è stato previsto l'impiego di zoccoli portatransistor, ben visibili in figura.

I due AC128 finali sono montati con le apposite alette di raffreddamento tipo 56200 Philips.

Sulla parte retrostante della basetta vi sono tutti i collegamenti in circuito stampato.

Esempio di amplificatore senza trasformatori d'entrata e d'uscita.

Coi transistor complementari AC127 (NPN) e AC132 (PNP) può essere realizzato un amplificatore senza alcun trasformatore; oltre a far a meno di quello d'uscita, fa a meno anche di quello di entrata.

La disposizione simmetrica dei due transistor richiede un'unica entrata comune e quindi è possibile riunire insieme le due basi le quali richiedono valori tali di polarizzazione da rendere possibile il loro collegamento diretto al collettore del transistor pilota, come indicato dalla fig. 10.6.

Lo schema di un amplificatore di questo tipo è quello di fig. 10.19.

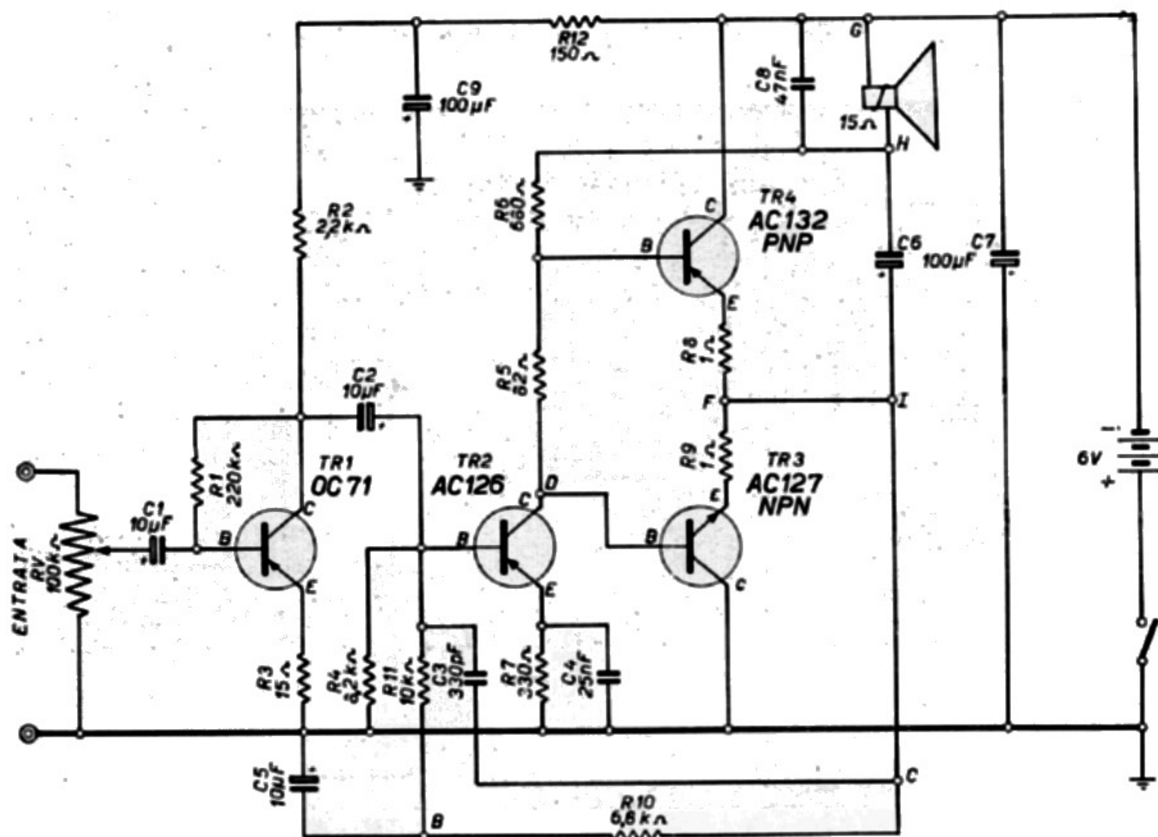


Fig. 10.19. - Amplificatore con stadio finale a simmetria complementare.

Le resistenze R_8 e R_9, necessarie per la stabilità termica, sono da un ohm e possono essere autocostruite con filo per resistenze avvolto a spirale.

Il transistor pilota è AC126; può essere sostituito con AC125, essendo ambedue bene adatti a tale ruolo.

L'altoparlante è da 15 ohm ed è collegato tramite un condensatore elettrolitico da 100 μF (C_6) all'uscita (punto F).

Dallo stesso punto parte una rete di resistenze e condensatori che, oltre a fissare il giusto valore di polarizzazione per l'AC126, esercita una certa azione di controreazione.

La fig. 10.20 mostra la disposizione dei componenti sulla basetta di montaggio e, con linee tratteggiate, i relativi collegamenti retrostanti.

La potenza d'uscita è di circa 250 mW col 10 % di distensione, ed un segnale in entrata di 10 mW circa.

Eliminato il primo stadio di amplificazione col transistor OC71, la potenza di uscita scende da 250 a 150 milliwatt.

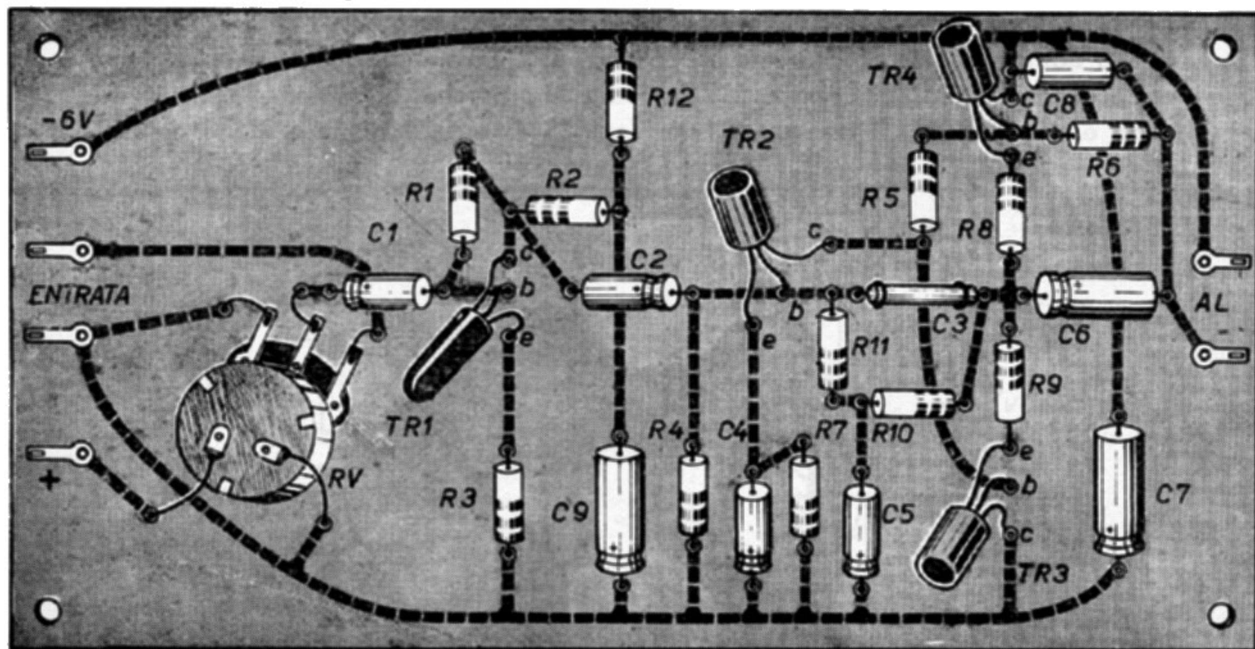


Fig. 10.20. - Disposizione dei componenti.

Amplificatori con transistor finale di potenza.

Un solo transistor di potenza, come ad es. l'OC26, può consentire una resa d'uscita assai elevata, di ben 4 watt, dieci volte superiore a quella di uno stadio con due transistor OC74; esso richiede però una corrente di alimentazione adeguatamente maggiore, ottenibile solo con accumulatore da auto, da 6 o 12 volt. Con alimentazione a 6 volt, l'OC26 assorbe 1,8 ampere, con 12 volt assorbe 0,72 ampere. Può venir adoperato con un apposito alimentatore collegato alla rete-luce; questo sistema di alimentazione non è però raccomandato, in quanto bastano minime tracce di tensione alternata per guastare o rovinare i transistor. Per prove, ed anche per funzionamento limitato, l'alimentazione può venir effettuata con pile a a secco, utilizzando 8 elementi da 1,5 volt, del tipo a torcia, particolarmente se del tipo a manganese Mallory Mn-1300.

Lo stadio ad un solo transistor di potenza è poco utilizzato in pratica anche perchè la riproduzione sonora non è pari a quella ottenibile con due transistor in controfase. Gli amplificatori con transistor finale di potenza sono in molti casi utili, specie per installazioni su autoveicoli.

AMPLIFICATORE A DUE TRANSISTOR CON UN OC26 FINALE.

La fig. 10.21 illustra schematicamente un semplice amplificatore in grado di fornire una resa d'uscita di 2 watt, utilizzando un altoparlante di 3 watt, con bobina mobile di 24 ohm d'impedenza. I componenti dell'amplificazione sono pochissimi, ma ciò non deve far credere che si tratti di realizzazione facile e poco costosa, poichè l'altoparlante deve essere adatto per lo stadio finale con l'OC26, in quanto la sua bobina mobile ne costituisce il carico; essa deve poter sopportare una corrente di 1,5 ampere, per non riscaldarsi, ed anche perchè le resistenze indicate devono essere precise. Si può notare che l'amplificatore indicato fa a meno di qual-

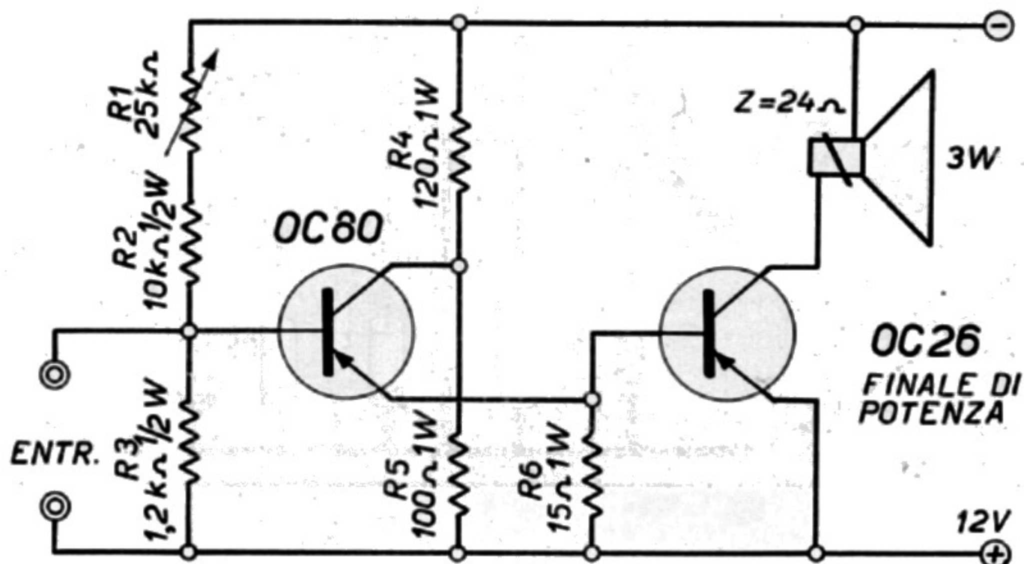


Fig. 10.21. – Amplificatore con transistor di potenza.

siasi condensatore, essendo tutti i componenti ridotti a 5 resistenze fisse ed una semifissa. Se dovesse funzionare con pile a secco, sarebbe però opportuno collegare un condensatore elettrolitico di 100 microfarad, da 15 VL, tra i due poli della batteria.

Mentre è necessario provvedere di alette di raffreddamento i transistor di piccola potenza, affinchè non si riscaldino, esse risulteranno superflue per i transistor di potenza, poichè possono funzionare alla temperatura di 100°C, per 200 ore, senza deteriorarsi. Generalmente i transistor di potenza vengono fatti funzionare a regime ridotto, per cui possono fare a meno delle alette; utilizzati a piena potenza devono invece venir provvisti di radiatori adeguati.

AMPLIFICATORE A TRE TRANSISTOR CON OC26 FINALE DA UN WATT.

Con un OC26 finale di potenza funziona l'amplificatore di cui la fig. 10.22 riporta lo schema elettrico; esso possiede le seguenti caratteristiche principali:

Potenza massima	2 W
Distorsione armonica . .	3,5 % a 1 W d'uscita
Tensione d'ingresso per la massima uscita	100 mV
Consumo	250 mA a 12 V

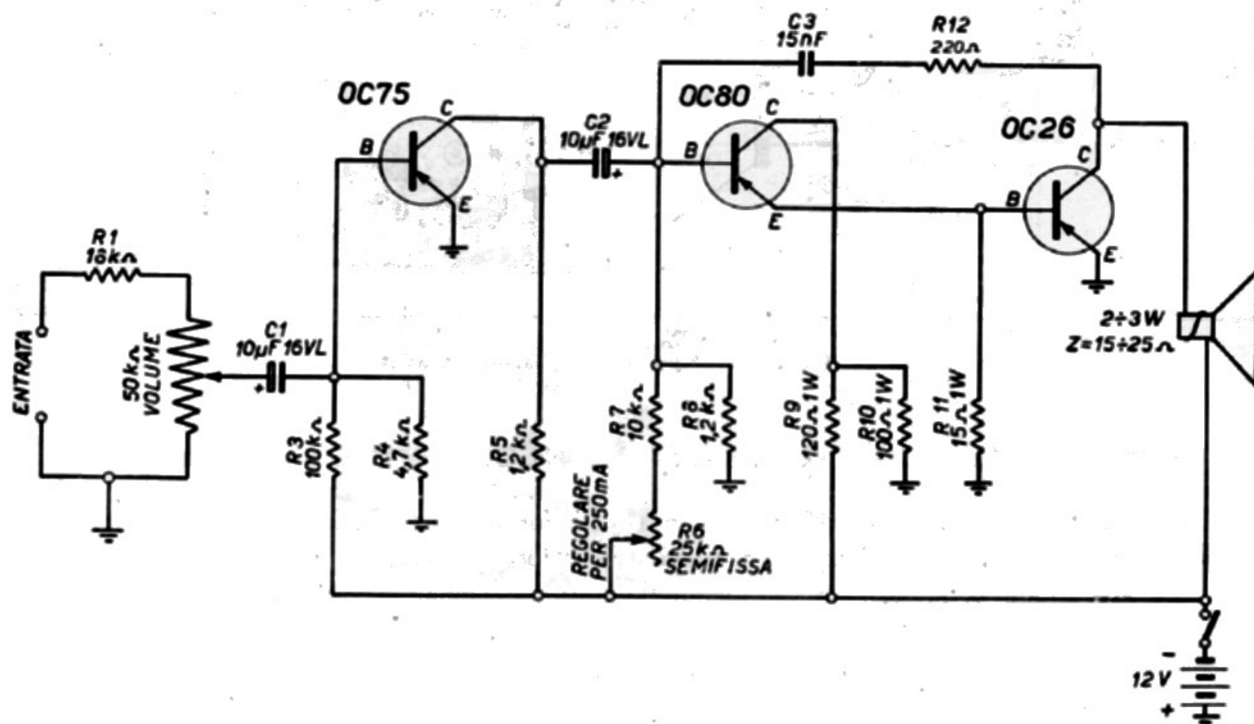


Fig. 10.22. - Transistor di potenza OC26 in stadio finale da 1 watt.

Nel partitore di base dell'OC80 è inserita una resistenza semifissa da 25 chiloohm da regolare in sede di messa a punto per un assorbimento totale dell'amplificatore di circa 250 mA di corrente a 12 V di tensione di alimentazione.

L'altoparlante deve avere un'impedenza di valore compreso tra 15 e 25 ohm: il valore migliore è però quello di 24 ohm. Esso deve essere da 3 o più watt.

In fig. 10.23 è rappresentato lo schema pratico di questo amplificatore, realizzato col sistema di collegamento *da punto a punto*, che si avvale di linguette di massa fissate ad una basetta isolante, quali punti di ancoraggio.

Può risultare utile in alcuni casi, seppure non sia indispensabile, montare il transistor finale a contatto di un supporto metallico, quale radiatore di calore.

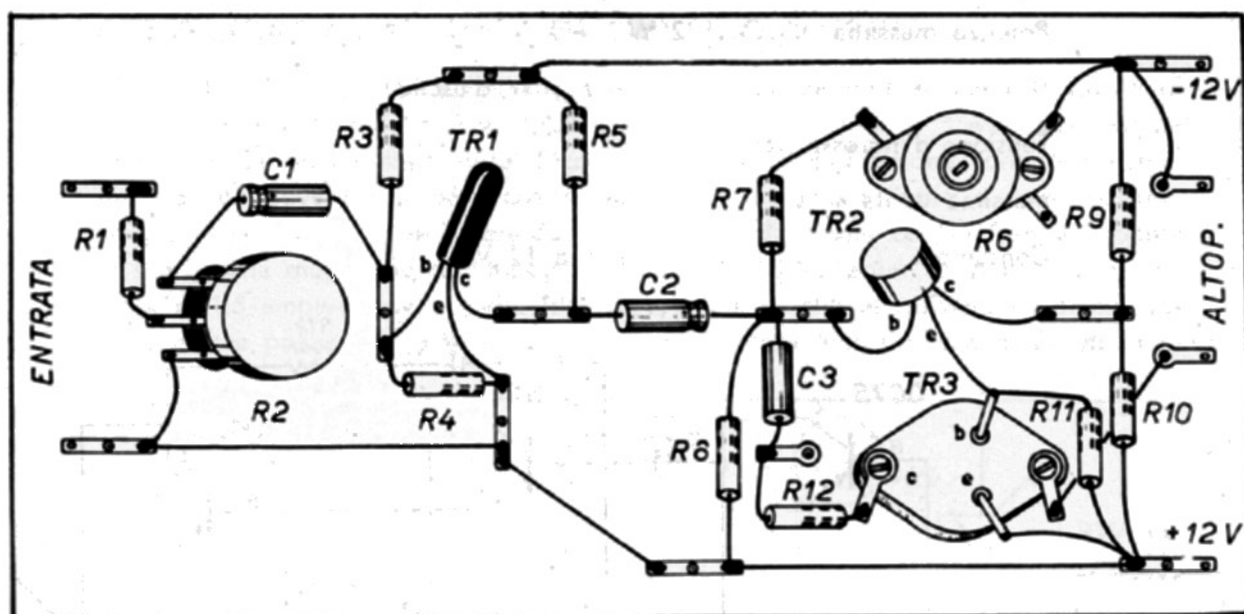


Fig. 10.23. – Esempio di realizzazione pratica.

AMPLIFICATORE A QUATTRO TRANSISTOR CON OC26 FINALE DA 2 WATT.

L'amplificatore di fig. 10.24 è in grado di fornire una buona potenza d'uscita, di circa 2 watt. È provvisto di un circuito limitatore di corrente; esso fa variare la polarizzazione e quindi l'amplificazione dello stadio finale, al variare dell'ampiezza del segnale in entrata.

A tale scopo è prelevata una parte della tensione audio dal punto di unione del condensatore C_6 con la resistenza R_{10}; raddrizzata dal diodo OA70 e livellata dal condensatore C_5, essa determina la polarizzazione e quindi il punto di lavoro del transistor OC71.

Poichè tale transistor è accoppiato *direttamente* all'OC72 che segue, e questo al finale OC26, la variazione di polarizzazione di base dell'OC71 determina una analoga variazione della corrente di riposo dell'OC26, e precisamente nel senso che maggiore è il segnale raddrizzato da OA70, più grande è l'amplificazione ottenibile all'uscita dell'OC26.

L'altoparlante è inserito tra emettitore e massa; la sua impedenza è di 2,5 ohm. Le sue dimensioni debbono essere adeguate alla massima potenza prevista di 2 watt circa.

Alla base del secondo OC71 sono collegate le due resistenze (R_5 e R_7) che determinano il punto base di polarizzazione; i valori di tali resistenze vanno ricercati sperimentalmente, potendo variare per entrambe entro una gamma che va da 100 a 150 chiloohm.

All'ingresso vi è un controllo volume particolare. È formato da un potenzio-

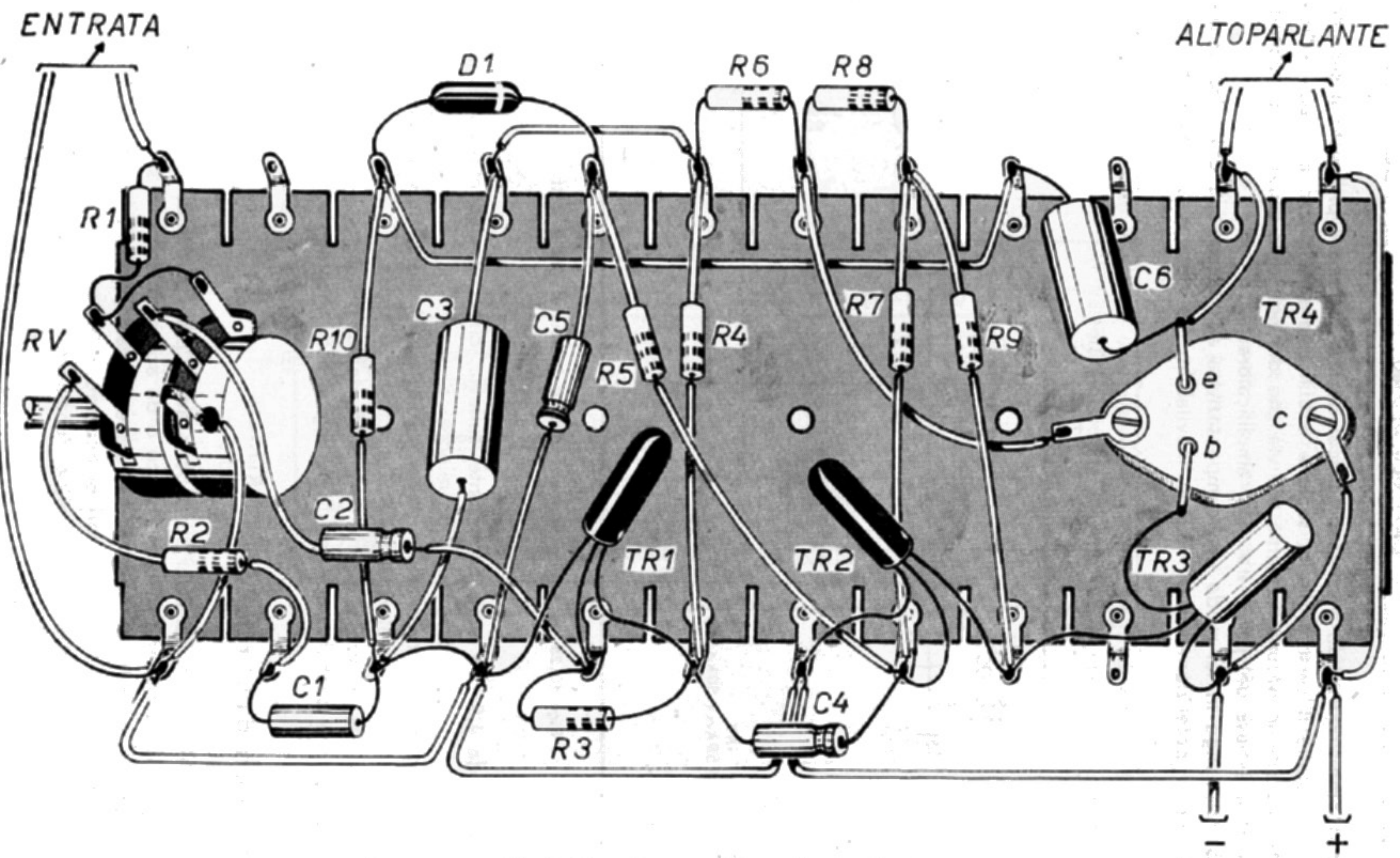


Fig. 10.24. – Componenti e collegamenti.

metro doppio, logaritmico a comando unico: da una sezione è prelevato il segnale d'entrata tramite il cursore; l'altra sezione è utilizzata per inviare a massa le frequenze più alte in misura crescente via via che diminuisce la porzione di segnale applicata alla base del primo transistor amplificatore.

Si raggiunge in tal modo una compensazione all'attenuazione delle frequenze basse che il potenziometro di volume inevitabilmente determina. L'alimentazione

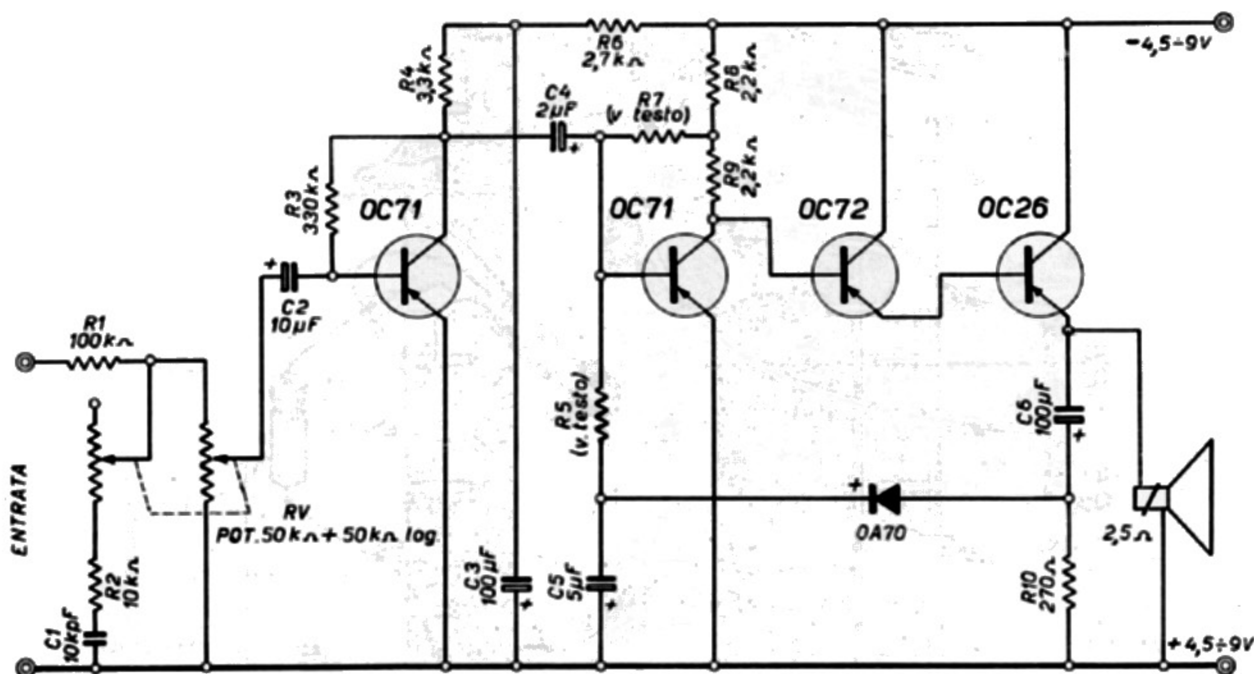


Fig. 10.25. - Amplificatore a quattro transistor, da 2 watt.

può variare da 4,5 a 9 volt; è evidente, tuttavia, che con alimentazione inferiore ai 9 V si otterrà una potenza d'uscita minore.

L'assorbimento di corrente a segnale zero si aggira sui 50 mA, e tale consumo si raggiunge variando i valori di R_5 e R_7 come detto sopra.

La fig. 10.24 mostra il piano costruttivo dell'amplificatore, realizzato su una striscia di cartone bachelizzato, munita di linguette di ancoraggio sui due lati.

Alimentatori dalla rete-luce.

Gli amplificatori a transistor sono bene adatti per l'alimentazione con corrente continua fornita da batteria di pile a secco o da accumulatori; non si prestano bene per l'alimentazione con tensione raddrizzata e livellata proveniente da quella alternata della rete-luce; alcuni costruttori di apparecchi a transistor sconsigliano persino l'uso di strumenti di collaudo e taratura, funzionanti con tensione della rete-luce,

nel timore che tramite tali strumenti, qualche traccia di tensione alternata possa giungere all'entrata dei transistor. È però senz'altro possibile ottenere la necessaria corrente continua di alimentazione anche tramite un alimentatore, completamente priva di tracce di tensione alternata; ciò riesce particolarmente utile se l'amplificatore è provvisto di transistor di potenza.

SEMPLICE ALIMENTATORE.

La figura 10.26 illustra la disposizione dei componenti di un piccolo alimentatore, molto semplice. Un trasformatorino da lumino, molto economico, consente di

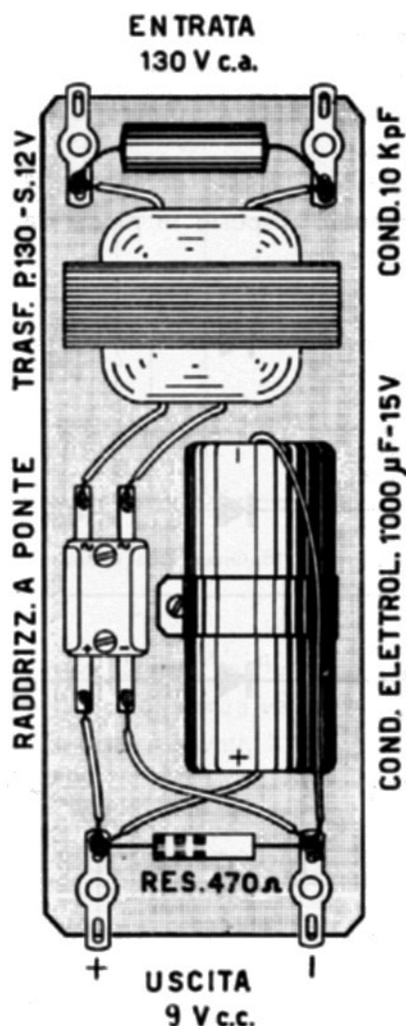


Fig. 10.26. – Semplicissimo alimentatore dalla rete-luce con trasformatorino da lumino.

ottenere la riduzione della tensione della rete-luce; se il secondario non fornisce la tensione adeguata, è facile rifarlo. Il secondario è uno solo e fornisce 12 volt; tale tensione alternata è applicata ad un rettificatore a selenio a quattro elementi

a ponte, da 15 volt e 100 mA. La tensione raddrizzata viene livellata con un condensatore elettrolitico di capacità molto elevata, quella di 1000 microfarad, a 15 VL. La resistenza di carico di 470 ohm, mezzo watt, deve essere sempre collegata; forma il carico di uscita dell'alimentatore. Con altri componenti si può ottenere una corrente continua più intensa.

SCHEMI DI ALIMENTATORI PER AMPLIFICATORI A TRANSISTOR.

Uno schema molto semplice di alimentatore è quello di fig. 10.27. Differisce dal precedente per il trasformatore di tensione provvisto di secondario con presa al centro; con esso si possono utilizzare rettificatori a selenio a due soli elementi, anzichè a quattro. La tensione continua disponibile dipende dalla tensione fornita dal secondario del trasformatore. Il condensatore C_2 può essere di capacità maggiore, sino a 1000 microfarad.

Uno schema più complesso è quello di fig. 10.27. Il principio è quello dell'alimentatore precedente; è però disposto in modo da ottenere due uscite a ten-

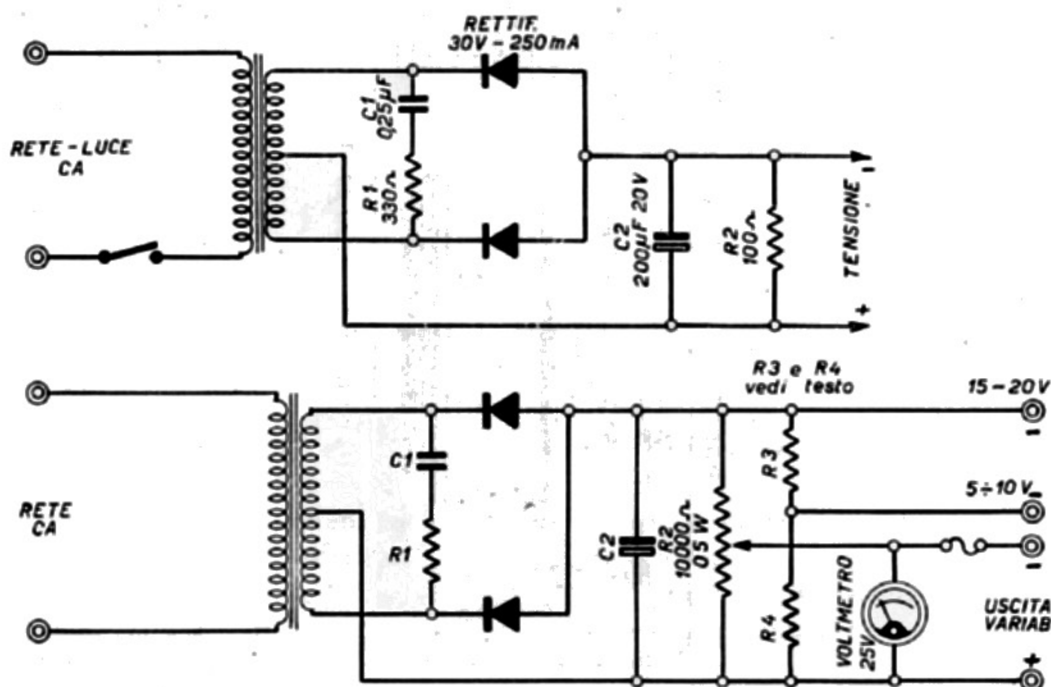


Fig. 10.27. - Alimentatore con due uscite fisse e una variabile.

sione fissa, ed una uscita a tensione variabile. Il divisore di tensione formato da R_3 e R_4 costituisce anche il carico dell'uscita a tensione maggiore, quella da 15 a 20 volt. Il valore delle due resistenze in serie deve essere di circa 390 ohm. Sono da mezzo watt.

ALIMENTATORE CON TRANSISTOR LIVELLATORE.

È molto opportuno provvedere l'alimentatore a bassa tensione di un transistor, in funzione di livellatore; è però necessario che il transistor possa consentire il passaggio della corrente richiesta; con un OC71 si possono ottenere 5 milliampere, con un OC72 si ottengono 10 mA a 9 V, con un OC74 35 mA a 9 V, ecc. Per ottenere intensità di corrente adatte per un amplificatore è necessario utilizzare un transistor di potenza: un OC26 può fornire 1 ampere a 9 volt. In ogni caso occorre un adatto trasformatore di tensione.

La fig. 10.28 indica un alimentatore simile ai due precedenti provvisto di un transistor di potenza in funzione di livellatore. È preceduto e seguito da due condensatori elettrolitici da 1000 microfarad, a 15 volt lavoro. La tensione leggermente

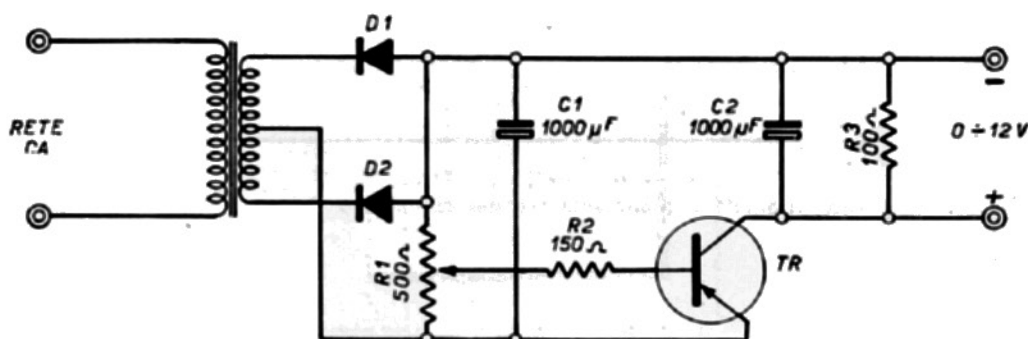


Fig. 10.28. – Alimentatore con transistor in funzione di livellatore.

ondulata applicata al suo ingresso, è resa esattamente continua alla sua uscita. Con una resa di uscita di 0,5 ampere, la resistenza variabile R_1 da 500 ohm, è da 2 watt, mentre le resistenze R_2 e R_3 sono da 10 watt. Il transistor OC26 può venir sostituito da altro simile, ad es. dal 2N256.

ALIMENTATORE GRUNDIG PER OCEAN-BOY 202.

La fig. 10.29 riporta lo schema originale dell'alimentatore dalla rete-luce, a 9 volt, da utilizzare in sostituzione di 6 pile da 1,5 volt, del tipo a torcia, inserito nel complesso radio-fono mod. Ocean-Boy 202 della Grundig. Tale complesso funziona con due transistor di media potenza TF 78, nello stadio finale in controfase; un altro transistor dello stesso tipo TF 78 è utilizzato nell'alimentatore.

Il principio è quello dell'alimentatore precedente; è ad una sola tensione fissa, quella di 9 volt, quindi non è provvisto di resistenza variabile. È invece provvisto di un diodo zener per la stabilizzazione della tensione.

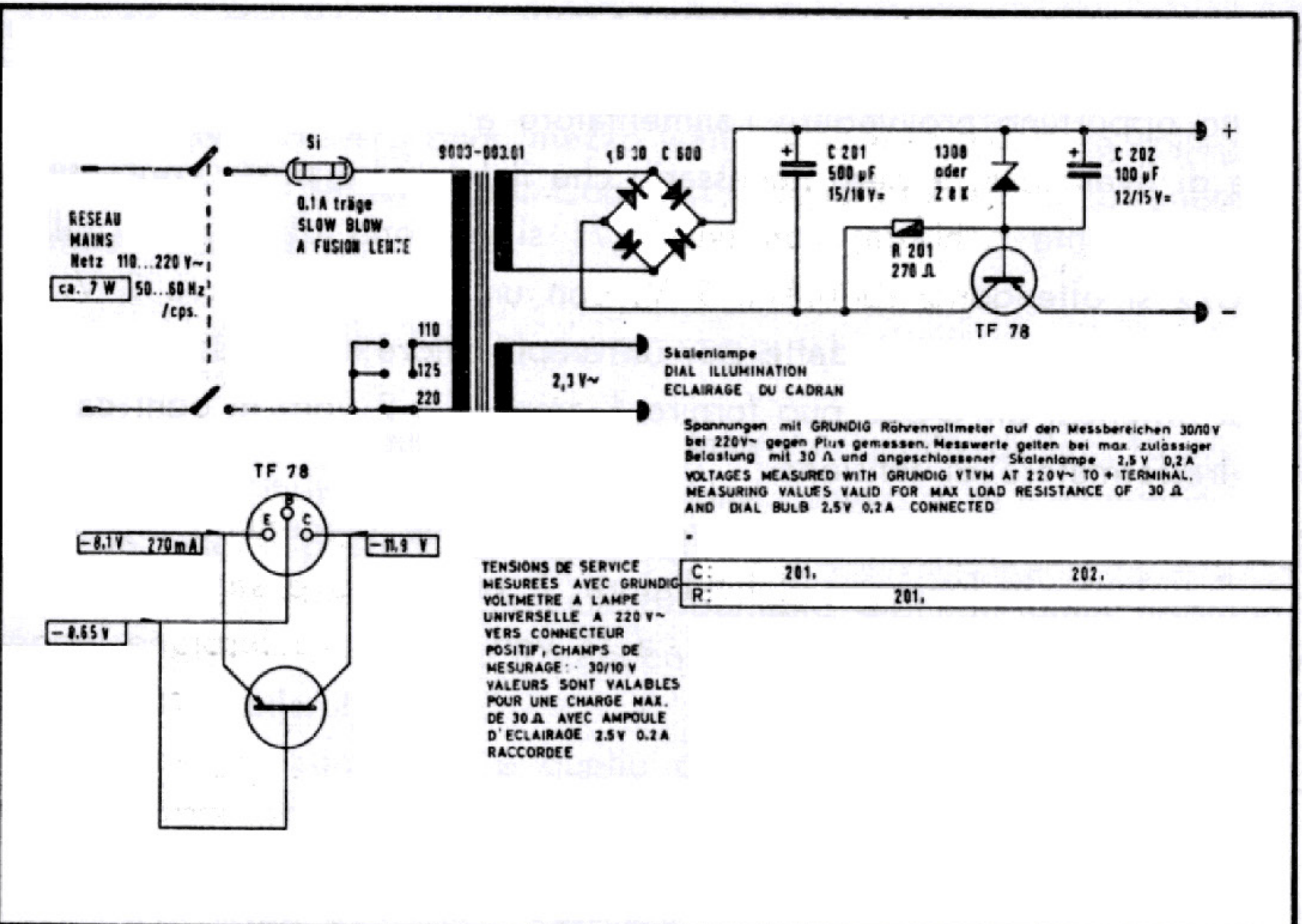


Fig. 10.29. – Schema originale dell'alimentatore del complesso Ocean-Boy 202 della Grundig.

CAPITOLO UNDICESIMO

L'IMPIANTO INTERFONICO

Principio di funzionamento degli impianti interfonici.

Gli impianti interfonici consentono conversazioni a viva voce, ossia con altoparlante, a distanze limitate. Si possono considerare dei telefoni interni, senza apparecchio da sollevare e portare all'orecchio. Tanto chi parla, quanto chi ascolta, può rimanere ad una certa distanza dall'apparecchio interfonico. Gli interfonici si prestano

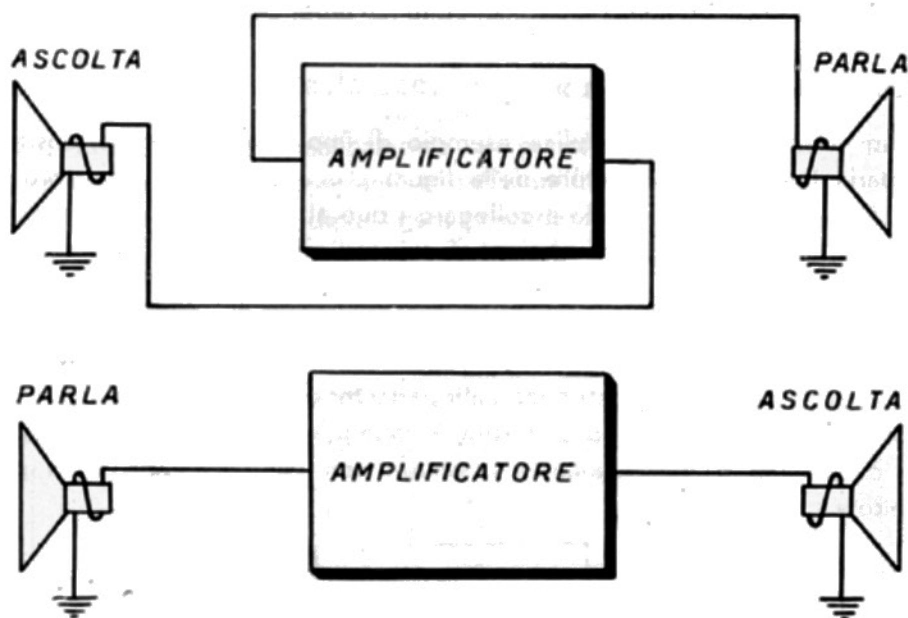


Fig. 11.1. - Due altoparlanti e un amplificatore sono sufficienti per costituire un impianto interfonico.

bene per brevi comunicazioni, ad alta voce, per impartire ordini, per ricerca di persone, ecc.

Il principio basilare consiste nella utilizzazione dell'altoparlante come microfono. L'altoparlante si presta abbastanza bene anche come microfono. Il suo funzionamento è reversibile; cioè consente sia di convertire la tensione elettrica ad audiofrequenza in voci e suoni, sia di convertire voci e suoni in tensione ad audiofrequenza. Ciò avviene soprattutto perchè le voci occupano una banda limitata della gamma delle audiofrequenze, bene adatta per la riproduzione con piccoli altoparlanti.

La fig. 11.1 illustra il principio generale degli apparecchi interfonici. Sono indicati due altoparlanti e un piccolo amplificatore BF. In alto, l'altoparlante a sinistra è collegato all'entrata dell'amplificatore, mentre quello di destra è collegato all'uscita. L'altoparlante di sinistra « parla », ossia agisce da microfono, mentre quello di destra « ascolta ».

Affinchè possa avvenire anche l'inverso, ossia affinchè anche l'altoparlante di destra possa « parlare, e quello di sinistra « ascoltare », è necessario che vengano invertiti i collegamenti, come indicato nella stessa figura in basso. L'inversione avviene mediante un inversore a pulsante.

Generalmente l'amplificatore è unito ad uno dei due altoparlanti, per es. a quello di sinistra. L'altro altoparlante è collegato con un cavo all'amplificatore.

Le parti caratteristiche degli impianti interfonici sono costituite dal dispositivo di inversione e dal cavo di collegamento. A volte, al posto di due soli altoparlanti, come in figura, vi sono collegati più altoparlanti; in tal caso il dispositivo di inversione risulta complesso, ed altrettanto il cavo di collegamento.

L'inversore « parla-ascolta ».

La fig. 11.2 illustra un semplice esempio di impianto interfonico, costituito dai due altoparlanti e dall'amplificatore della figura precedente, più l'inversore « parla-ascolta ». Tale inversore provvede a collegare i due altoparlanti all'entrata o all'uscita dell'amplificatore, a seconda se devono funzionare da microfoni o da altoparlanti veri e propri.

L'inversore è a due vie e a due posizioni. Consiste di due laminette metalliche flessibili, e di quattro punti di contatto. Nella posizione di riposo si trova come indicato in figura; in questa posizione, l'altoparlante di sinistra è collegato all'uscita dell'amplificatore, mentre quello di destra è collegato all'entrata. In tal modo l'altoparlante di sinistra, il « principale », sistemato con l'amplificatore, è in posizione di « ascolto ».

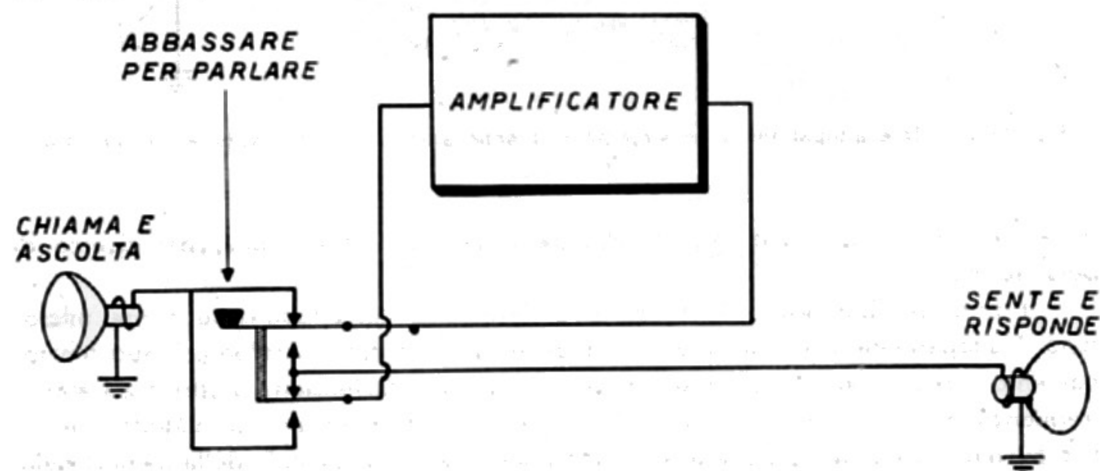


Fig. 11.2. – Schema di principio di semplice impianto interfonico.

Per « parlare » il principale deve abbassare il tasto dell'inversore. Così facendo, i contatti vengono invertiti. le laminette flessibili dell'inversore sono unite mediante un collegamento isolante. Non appena il tasto viene lasciato, l'inversore ritorna nella posizione di riposo.

L'altoparlante lontano, il « secondario », non è provvisto di inversore. Non può chiamare; può soltanto ascoltare e rispondere. Affinchè possa rispondere, il « principale » deve lasciar libero il tasto non appena effettuata la comunicazione a voce.

Mediante disposizioni più complesse, è possibile mettere anche il « secondario » in condizioni di poter chiamare. In tal caso non vi è distinzione di servizio tra i due altoparlanti; sono ambedue principali. In pratica però è in uso chiamare « principale » quell'altoparlante che è sistemato insieme con l'amplificatore.

L'amplificatore può essere del tipo a valvole oppure a transistor. Quello a valvole presenta l'inconveniente di dover rimanere sempre acceso, in caso di comunicazioni rapide, per evitare l'attesa dovuta all'accensione delle valvole. Quello a transistor presenta l'inconveniente della necessità del ricambio delle batterie.

Esempio di semplice interfonico.

La fig. 11.3 illustra schematicamente un semplice impianto interfonico, costituito dai soliti due piccoli altoparlanti e dall'amplificatore a valvole o a transistor. L'impianto differisce da quello della figura precedente, poichè ambedue gli altopar-

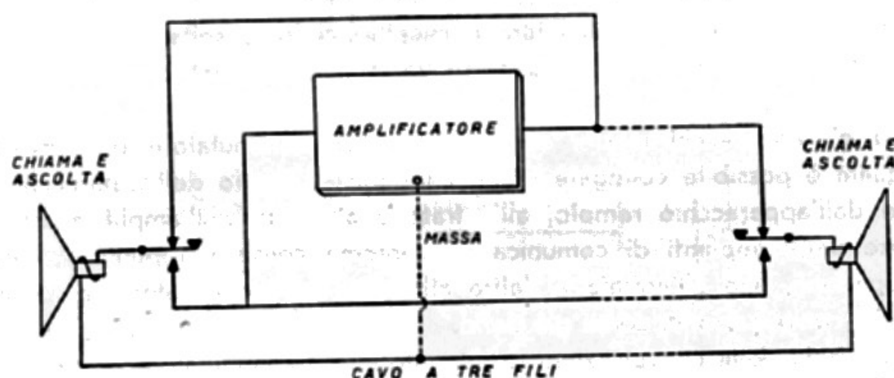


Fig. 11.3. - Schema di principio di interfonico in cui ciascun apparecchio può chiamare e ascoltare.

lanti possono venir collegati all'entrata, e possono « chiamare ». Sono utilizzati due inversori, sistemati sulla custodia dell'altoparlante. In posizione di riposo, ciascuno dei due altoparlanti è collegato all'uscita dell'amplificatore; nessuno all'entrata. Non appena uno dei due tasti viene abbassato, è possibile la chiamata, in quanto il corrispondente altoparlante viene collegato all'entrata dell'amplificatore e funziona da microfono.

Mentre l'impianto precedente richiede un cavo con due soli fili conduttori, questo impianto richiede un cavo con tre conduttori.

Gli impianti intercomunicatori.

Gli impianti di comunicazione interna, ad alta voce, si distinguono in due categorie:

a) impianti interfonici,

b) impianti intercomunicatori.

Negli impianti interfonici vi è un *apparecchio principale* dal quale è possibile chiamare, ad alta voce, la persona che si trova in prossimità dell'apparecchio secondario, e stabilire con essa conversazioni bilaterali.

La diversità tra gli impianti interfonici e quelli intercomunicatori si manifesta quando gli apparecchi secondari sono più di uno. Negli impianti interfonici, i diversi apparecchi secondari possono conversare soltanto con l'apparecchio principale, e non tra di loro; negli impianti intercomunicatori, invece, tutti gli apparecchi possono conversare tra di loro.

L'apparecchio *principale* è detto anche *master* o *direttore* o *capolinea*; gli apparecchi *secondari* sono detti anche *derivati* o *remoti*.

Negli impianti interfonici vi è un apparecchio master e vi sono più apparecchi remoti; negli impianti intercomunicatori vi sono soltanto apparecchi master.

Tanto negli impianti interfonici quanto negli impianti intercomunicatori, gli altoparlanti funzionano anche da microfoni, e vi è un solo amplificatore ad audiofrequenza, a due od a tre stadi, a seconda delle necessità dell'impianto. La diversità tra gli impianti interfonici e gli intercomunicatori consiste soltanto nel commutatore di conversazione (commutatore « parla-ascolta ») e nel numero di conduttori presenti nel cavo di collegamento.

Solo gli apparecchi master sono provvisti di commutatore di conversazione, con il quale è possibile collegare i due altoparlanti, quello dell'apparecchio master e quello dell'apparecchio remoto, all'entrata o all'uscita dell'amplificatore. Il principio-base degli impianti di comunicazione interna consiste appunto nel collegare due altoparlanti, uno all'entrata e l'altro all'uscita dell'amplificatore, a seconda del senso della conversazione, come già detto.

Il comando della conversazione è ottenuto con il *commutatore di conversazione*. Il master può parlare solo quando il commutatore è in posizione di comunicazione (« parla »), poichè allora il suo altoparlante è collegato all'entrata dell'amplificatore, mentre l'altoparlante dell'apparecchio remoto è collegato all'uscita.

Il master ascolta quando il commutatore è in posizione di ascolto (« ascolta »), ossia quando il commutatore collega il suo altoparlante all'uscita dell'amplificatore e l'altoparlante del remoto all'entrata.

Esempio di impianto interfonico semplice, a valvole.

L'impianto interfonico di fig. 11.4 consiste di un apparecchio master e di tre apparecchi remoti. L'apparecchio master è provvisto dell'amplificatore, dell'inversore

« parla-ascolta » e dell'inseritore di linea, oltre che del proprio altoparlante. I tre apparecchi sono invece costituiti dal solo altoparlante.

Con questo impianto, la persona che si trova al master può chiamare ad alta voce colui che si trova in prossimità di uno dei remoti. La sua voce è riprodotta dall'altoparlante, in modo da poter essere udita in tutto l'ambiente.

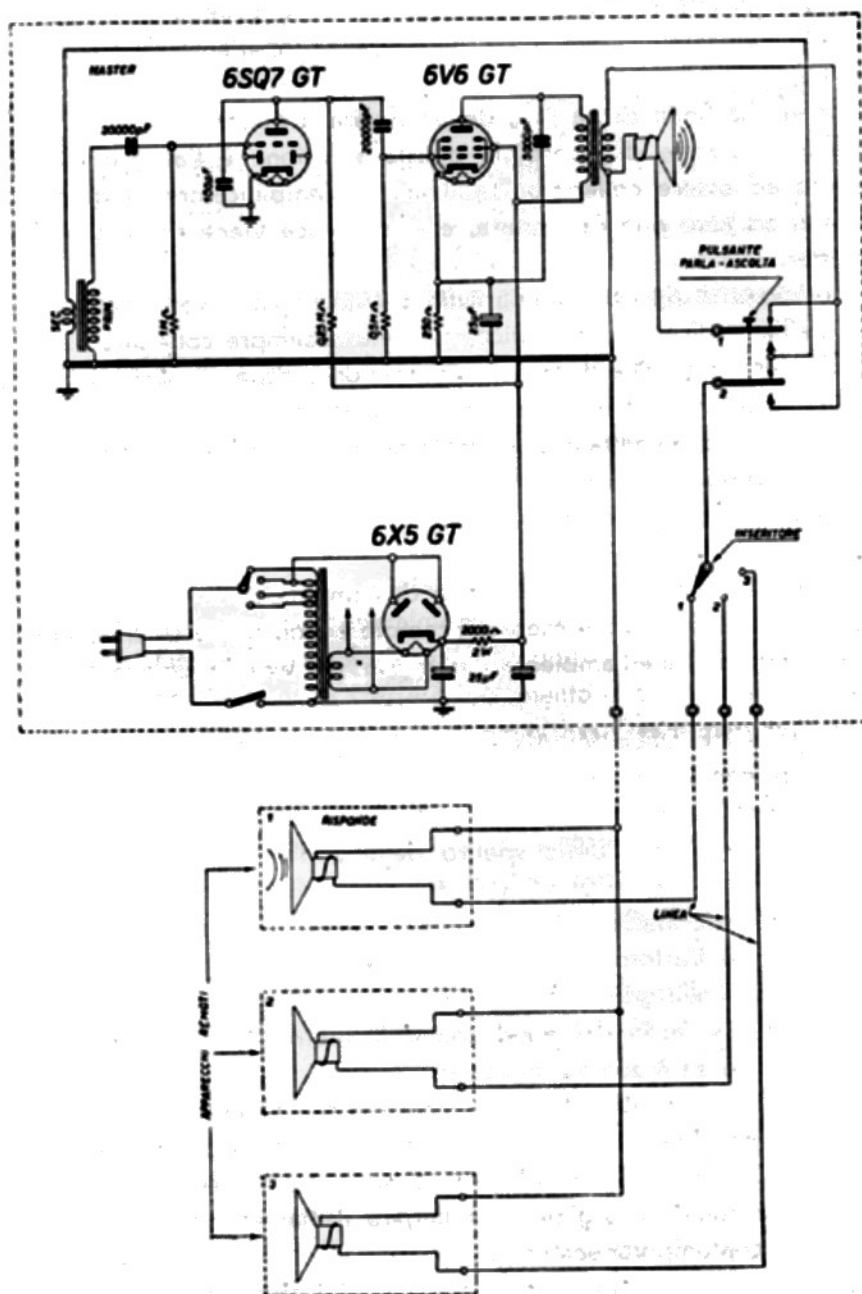


Fig. 11.4. - Semplice impianto interfonico con un apparecchio principale e tre secondari. Gli altoparlanti funzionano anche da microfoni.

Chi è chiamato risponde senza alzare la voce. Il termine « alta voce » è usato solo per distinguere questi impianti da quelli telefonici, che sono invece a « bassa voce », non perchè sia necessario parlare a bassa voce, ma perchè essi riproducono la voce a bassa intensità sonora.

Quando chi è al master parla, deve abbassare il pulsante di comunicazione (pulsante « parla-ascolta »). Così facendo, provvede a collegare il proprio altoparlante all'entrata dell'amplificatore, ed a collegare l'altoparlante del remoto chiamato alla sua uscita.

Non appena ha finito di parlare, deve lasciare il pulsante, il quale ritorna automaticamente in posizione di riposo. In questa posizione è l'altoparlante dell'apparecchio remoto ad essere collegato all'entrata dell'amplificatore, e quindi colui che si trova davanti ad esso può rispondere, e la sua voce viene riprodotta dall'altoparlante del master.

Nella posizione di riposo, l'altoparlante del master può venir collegato all'uscita o all'entrata dell'amplificatore; in pratica, esso viene sempre collegato all'uscita e mai all'entrata. Ciò per il fatto che dopo la conversazione, chi è al master può non preoccuparsi di rimettere l'inseritore in posizione di escluso. Se, invece, l'altoparlante del master fosse collegato all'entrata dell'amplificatore in posizione di riposo, chi è al master dovrebbe preoccuparsi di rimettere l'inseritore fuori linea, diversamente tutto ciò che verrebbe detto in quell'ambiente verrebbe inteso nell'altro ambiente, quello del remoto inserito.

Con l'altoparlante del master all'uscita dell'amplificatore, chi si trova al master e vuol chiamare un remoto, può inserire il remoto e poi, prima di chiamare, ascoltare ciò che vien detto in quell'ambiente, in modo da evitare un'eventuale chiamata inopportuna.

CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO. — L'amplificatore è di tipo molto semplice, a due stadi, con una 6SQ7 amplificatrice di tensione ed una 6V6 amplificatrice di potenza. Gli amplificatori sono sempre semplici, dato che si tratta di riprodurre soltanto una ristretta gamma dello spettro delle audiofrequenze, quella corrispondente alla voce.

Vi è un solo trasformatore d'entrata ed un solo trasformatore d'uscita per tutti gli altoparlanti. I due trasformatori possono essere identici. Quello d'entrata non è direttamente collegato alla griglia della 6SQ7, poichè, in tal modo, ne risulterebbe una diminuzione di circa il 30 % del guadagno dell'amplificatore. L'accoppiamento con condensatore e resistenza è sempre necessario.

Tutti gli altoparlanti sono del tipo a magnete permanente, da 6, 8 e 10 centimetri di diametro, con bobina mobile di impedenza quanto più elevata possibile.

Il master può venir collegato ad un solo apparecchio remoto per volta; non è possibile, salvo particolari accorgimenti, collegare il master a due o a tutti e tre gli apparecchi remoti contemporaneamente.

È opportuno, ma non è necessario che l'amplificatore sia unito all'apparecchio master. Ove occorra, si può separare l'amplificatore dal proprio altoparlante e dai due comandi, e collocarlo in prossimità o in ambiente vicino.

Il pulsante di conversazione può venir sostituito con un commutatore girevole, del tipo usato per la commutazione di gamma negli apparecchi radio; basta una sola sezione con due settori metallici rotabili.

L'inseritore di linea, anzichè essere del tipo a rotazione, come in figura, potrebbe essere costituito da tre interruttori a scatto.

Dal master parte un cavo con quattro conduttori, tre di linea ed uno per il ritorno comune. È necessario fare attenzione affinchè non si determinino accoppiamenti tra l'entrata e l'uscita dell'amplificatore, poichè ciò darebbe luogo ad oscillazioni noiose.

Nell'esempio di figura, è l'apparecchio remoto n. 1 che risponde ad una chiamata da parte del master.

Impianti interfonici con remoti che possono chiamare.

L'impianto interfonico semplice di fig. 11.4 presenta l'inconveniente di non consentire a coloro che si trovano agli apparecchi remoti, di chiamare colui che si trova al master. È possibile perfezionarlo, rendendo possibile la chiamata da parte degli apparecchi remoti.

La fig. 11.5 indica un esempio tipico di impianto interfonico, costituito da un apparecchio master e da tre apparecchi remoti, ciascuno dei quali provvisto di un *inversore di chiamata*, agendo sul quale è possibile chiamare ad alta voce colui che si trova all'apparecchio master, generalmente il direttore dell'ufficio.

La fig. 11.6 illustra lo schema completo di questo tipo di *interfonico a chiamata*. La disposizione generale è quella stessa dell'impianto *interfonico semplice* di fig. 11.4; a ciascun remoto giungono tre conduttori anzichè due. Dall'apparecchio master escono cinque conduttori anzichè quattro.

Il principio generale è il seguente. A ciascun apparecchio remoto giunge un conduttore che lo collega all'entrata dell'amplificatore. Quando dall'apparecchio remoto s'intende chiamare il master, l'inseritore va posto nella posizione di chiamata, nella quale l'altoparlante del remoto si trova collegato all'entrata dell'amplificatore, come risulta evidente in figura.

Poichè l'altoparlante dell'apparecchio master è sempre collegato all'uscita dell'amplificatore, in posizione di riposo, come già detto, la comunicazione ad alta voce è senz'altro possibile.

Nell'esempio di figura, è il remoto n. 1 ad essere messo in posizione di chiamata. Benchè l'inseritore di linea sia disinserito, e il pulsante « parla-ascolta » del master sia in posizione di riposo, la voce di chi chiama dal remoto n. 1 viene riprodotta dall'altoparlante del master.

L'inversore di chiamata dei remoti serve solo per la prima comunicazione a voce, ossia soltanto per chiamare. Sentendosi chiamato, chi si trova al master deve anzitutto agire sull'inseritore di linea, portandolo, nel caso dell'esempio fatto, in posizione 1, e quindi abbassare il pulsante « parla-ascolta » per poter rispondere. Per

ridare la parola al proprio interlocutore, deve lasciar libero il pulsante, il quale, ritornando in posizione di riposo, riporta il remoto n. 1 all'entrata dell'amplificatore.

L'amplificatore poteva essere quello stesso dell'impianto precedente. In questo caso è stato fatto l'esempio dell'amplificatore senza trasformatore d'accensione, con i filamenti delle tre valvole in serie.

Si può notare che, all'entrata dell'amplificatore, è presente un condensatore C_1 ed una resistenza R_1. Poichè il conduttore d'entrata può essere lungo alcune decine

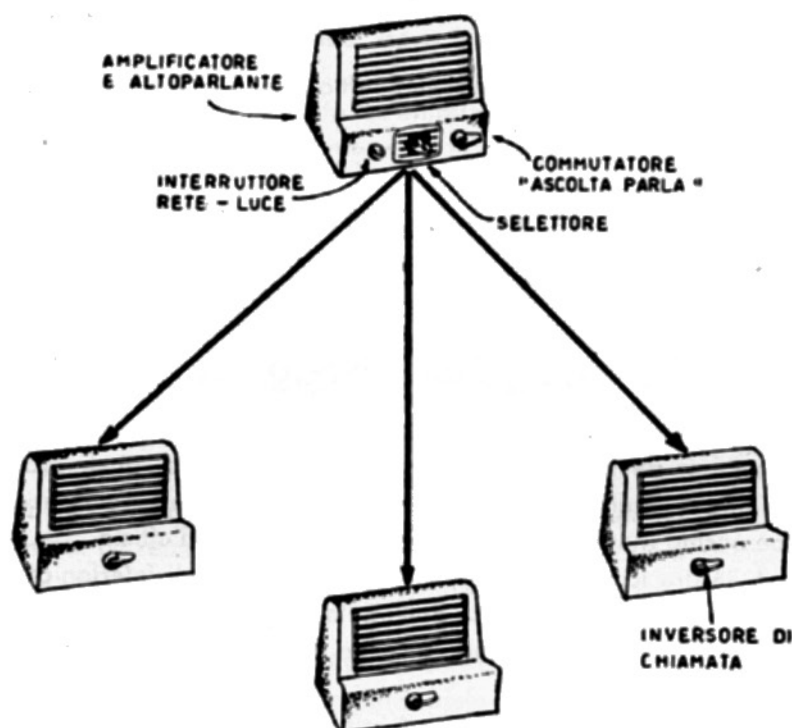


Fig. 11.5. - Impianto interfonico con tre apparecchi secondari dai quali è possibile chiamare il principale.

di metri, è possibile che, durante le conversazioni, possa essere intesa la trasmittente locale. Ciò può avvenire specie se il conduttore d'entrata non è schermato, ma solo distanziato, nel qual caso, è inevitabile una certa captazione delle onde radio della locale. Per evitare il disturbo di interferenza è sufficiente il condensatore C_1, di capacità adeguata, per es. 1000 pF. La resistenza R_1 ha invece lo scopo di eliminare il « click » che si sente ad ogni passaggio del pulsante « parla-ascolta » da una posizione all'altra. Può essere di 20 000 o 30 000 ohm.

Gli impianti interfonici a chiamata presentano un inconveniente notevole, quello della presenza del *conduttore d'entrata*, ossia del conduttore che collega l'entrata dell'amplificatore ai diversi apparecchi remoti. Non è possibile che il conduttore d'entrata sia presente, in un unico cavo, insieme con gli altri conduttori, poichè quando

uno dei remoti è collegato all'uscita dell'amplificatore, e riproduce la voce del master, il collegamento d'uscita corre parallelo a quello d'entrata, con inevitabile accoppiamento e fischio. È necessario che il conduttore d'entrata sia schermato, e che la calza metallica sia utilizzata per il ritorno comune, oppure che sia distanziato di circa due centimetri dal cavo comune a quattro conduttori.

Fig. 11.6. - Schema dell'impianto di fig. 11.5.

Esempio di impianto interfonico a transistor.

L'uso di transistor in impianti interfonici offre, rispetto all'impiego di valvole elettroniche, il grande vantaggio dell'immediata entrata in funzione dell'apparecchio non appena venga azionato l'interruttore d'alimentazione, senza dover attendere i vari secondi necessari all'accensione dei filamenti. Ciò consente, quindi, di spegnere l'amplificatore ogni qualvolta la conversazione ha termine.

In queste condizioni, è necessario però che per rendere possibile anche all'*apparecchio secondario* di comunicare in qualunque momento col *principale*, questo ultimo sia munito di avvisatore di chiamata azionabile dall'apparecchio secondario.

Lo schema di fig. 11.7 riguarda appunto un apparecchio interfonico basato su

Fig. 11.7. – Schema di impianto interfonico con amplificatore a transistor da 2 watt.

questo principio ed equipaggiato con un buon amplificatore a quattro transistor, di circa due watt di potenza d'uscita.

ENTRATA. — All'entrata, il trasformatore T_1 adatta la bassa impedenza dell'altoparlante che funge da microfono alla relativamente alta impedenza di ingresso dello stadio pre-amplificatore. È un comune trasformatore d'uscita per push-pull di OC72 o simili, collegato all'inverso.

TRANSISTOR. — Lo stadio pre-amplificatore usa il transistor OC71, cui fa seguito l'OC75 che pilota il push-pull finale di due AC128.

TRASFORMATORI. — I trasformatori pilota e d'uscita sono del tipo con pacco di lamierini in *Mu-metal*, ed opportunamente dimensionati per sopportare la potenza in gioco.

ALTOPARLANTI. — Gli altoparlanti misurano 8 cm di diametro ed hanno bobina mobile di 3,5 ohm d'impedenza.

POLARIZZAZIONE. — Sul circuito di polarizzazione di base dei transistor finali v'è una resistenza semifissa da 100 ohm che va regolata in sede di taratura per un assorbimento totale di corrente di 14 mA a segnale zero.

ALIMENTAZIONE. — L'alimentazione è fornita da due batterie da 4,5 V, di tipo piatto, collegate in serie.

COMMUTATORE. — La commutazione parla-ascolta avviene mediante un commutatore a pulsante con molla di ritorno, a 2 vie - 2 posizioni (S_2), il quale scambia tra loro i collegamenti di AL_1 e AL_2 dall'entrata all'uscita e viceversa.

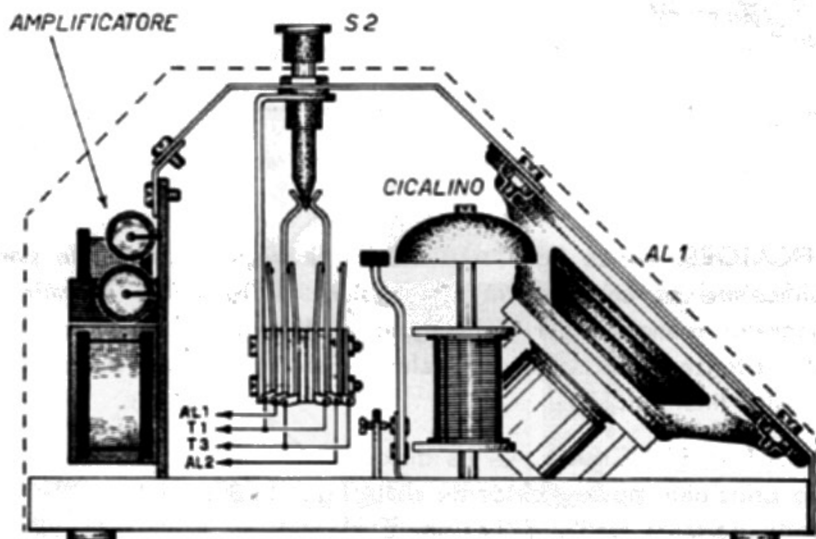


Fig. 11.8. - Disposizione dei componenti nell'apparecchio principale.

In posizione di riposo il commutatore lascia inserito AL_1 all'uscita dell'amplificatore e AL_2 all'entrata, come microfono; cioè l'apparecchio principale resta in posizione di ascolto.

Ogni qualvolta si vuol parlare dall'apparecchio principale, occorre tener premuto il pulsante di S_2.

AVVISATORE DI CHIAMATA. — Entro l'apparecchio principale, vedi fig. 11.8, a fianco del commutatore a pulsante, è sistemato un cicalino che viene azionato dall'interruttore a pulsante S_3, posto sull'apparecchio secondario. È questo l'unico comando di cui l'apparecchio secondario (vedi fig. 11.9) è dotato e ne è il solo componente oltre all'altoparlante AL_2.

Esso serve, quando l'amplificatore è spento, ad avvisare l'apparecchio principale che si vuol conferire.

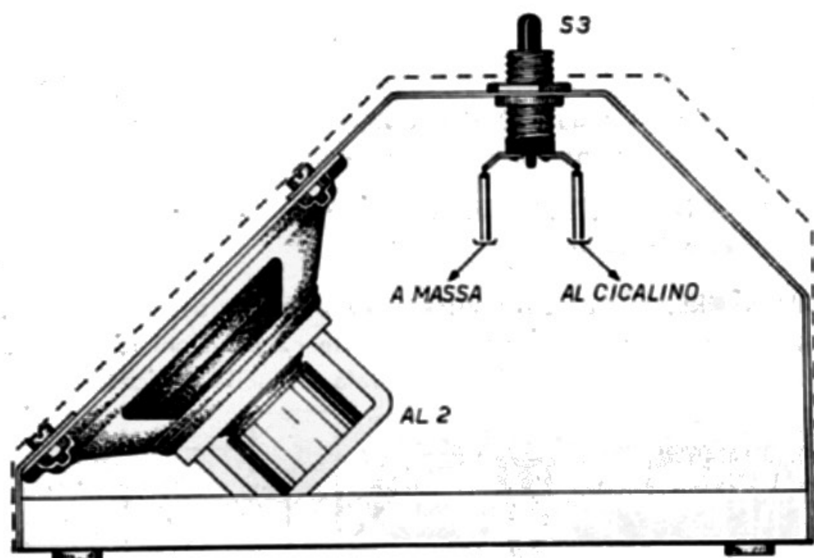


Fig. 11.9. – Disposizione dei componenti nell'apparecchio secondario.

AMPLIFICATORE. — La fig. 11.10 mostra la disposizione delle parti componenti l'amplificatore su una basetta rettangolare di materiale isolante munita di quattro squadrette d'angolo per il fissaggio al telaio dell'apparecchio principale. Si notino la resistenza semifissa R_{10} e le alette metalliche di raffreddamento investite sui due transistor finali AC128.

APPARECCHIO PRINCIPALE. — La dislocazione dei componenti all'interno dell'apparecchio principale appare evidente dalle figg. 11.8 e 11.11.

La basetta portante dell'amplificatore è montata verticalmente sulla parte posteriore e fa parte dell'intelaiatura di sostegno dell'interruttore S_1, del commutatore S_2 e dell'altoparlante AL_1, montato anteriormente con un'inclinazione di 45°.

Nel vano centrale trovano posto le batterie e il cicalino.

COLLEGAMENTI. — L'apparecchio principale è collegato al secondario tramite tre soli conduttori che possono essere riuniti in un unico cavetto, oppure possono essere costituiti da piattina trifilare, di più facile sistemazione.

Uno di essi è collegato a massa, il secondo fa capo a AL_2, ed il terzo va dal cicalino all'interruttore S_3.

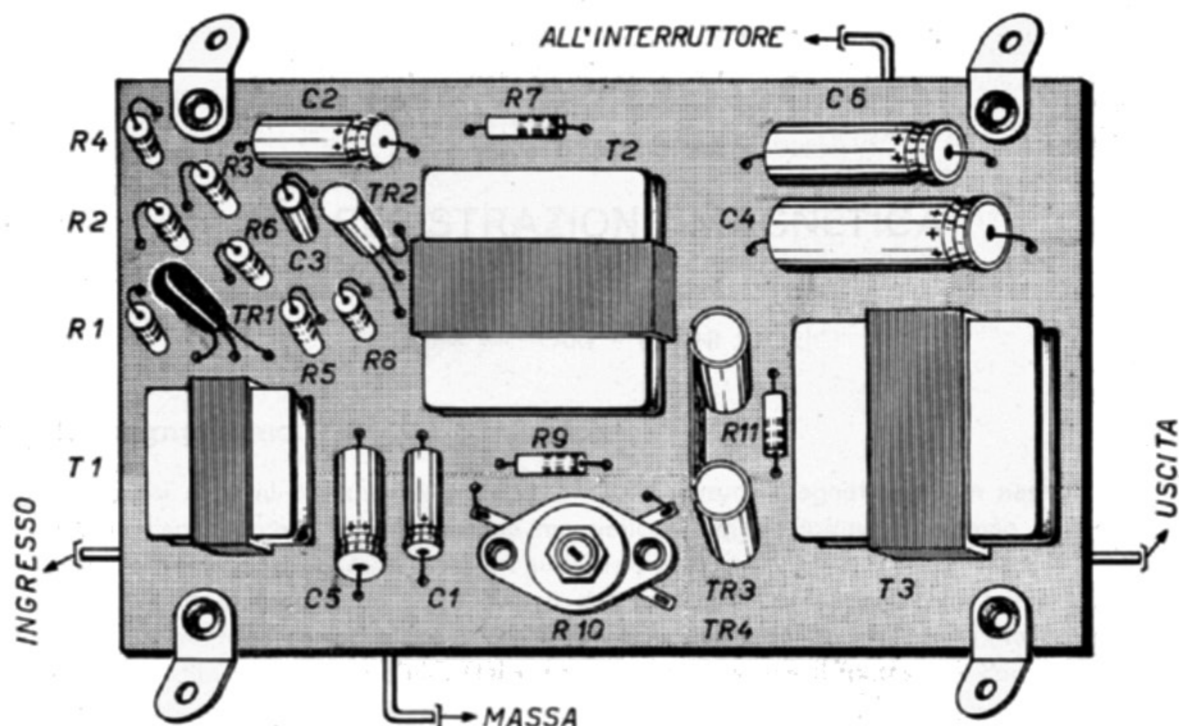


Fig. 11.10. – Disposizione dei componenti dell'amplificatore.

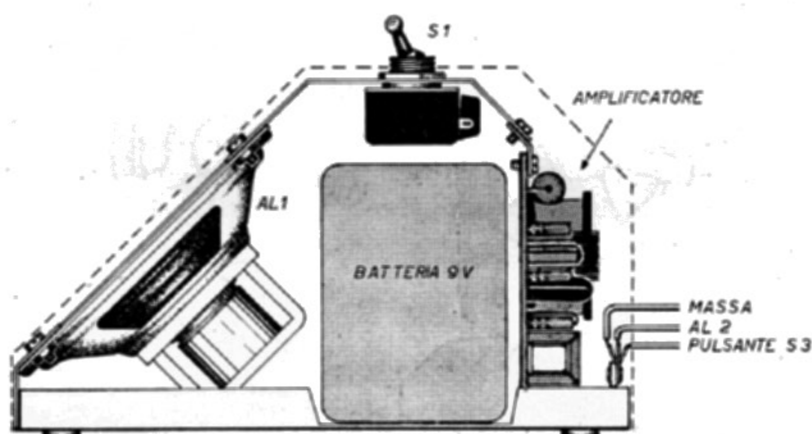


Fig. 11.11. – Posizione della batteria e dell'amplificatore nell'apparecchio principale.

CAPITOLO DODICESIMO

LA REGISTRAZIONE MAGNETICA

PRINCIPI BASILARI E CENNI STORICI

Il magnetofono.

Voci e suoni possono venir registrati sulla vernice magnetica di un nastro, mediante l'apparecchio di registrazione magnetica, il *magnetofono*. Lo stesso apparecchio consente di risentire le voci e i suoni registrati.

Il magnetofono è un po' l'inverso del telefono. Dall'apparecchio telefonico la corrente elettrica corre veloce sopra il filo conduttore lungo chilometri; la corrente corre e il filo rimane immobile. Nel magnetofono è invece il nastro che corre da una bobina all'altra, mentre la corrente elettrica rimane « immobile », rimane nell'apparecchio.

Dal microfono, la corrente elettrica va a un piccolo elettromagnete, sopra il quale scivola il nastro. L'elettromagnete converte le modulazioni della corrente elet-

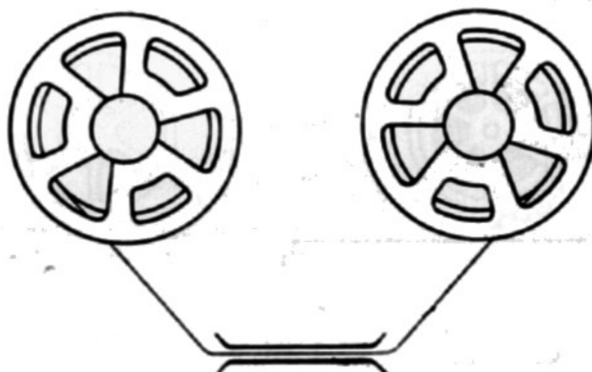
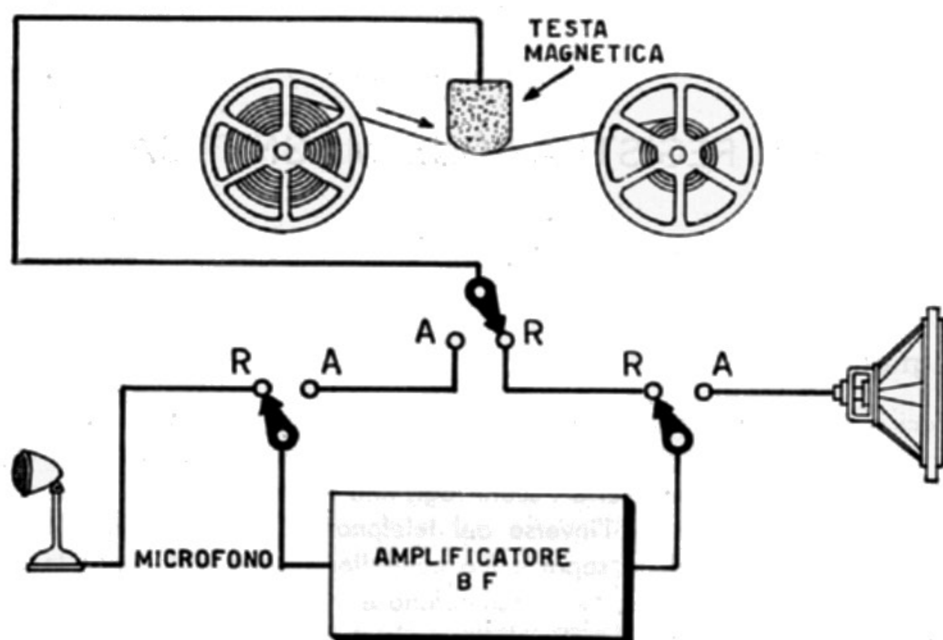


Fig. 12.1. - Durante la registrazione magnetica il nastro è in corsa.

trica in variazioni di campo magnetico. Il nastro viene più o meno « impressionato » magneticamente; sopra di esso rimangono delle impressioni magnetiche.

Per risentire le voci e i suoni registrati, occorre riavvolgere il nastro, per poi farlo scivolare sullo stesso elettromagnete. Le impressioni magnetiche presenti sul nastro, generano nell'elettromagnete una corrente elettrica. Avviene cioè il fenomeno inverso. Tale corrente elettrica viene amplificata e inviata a un altoparlante.



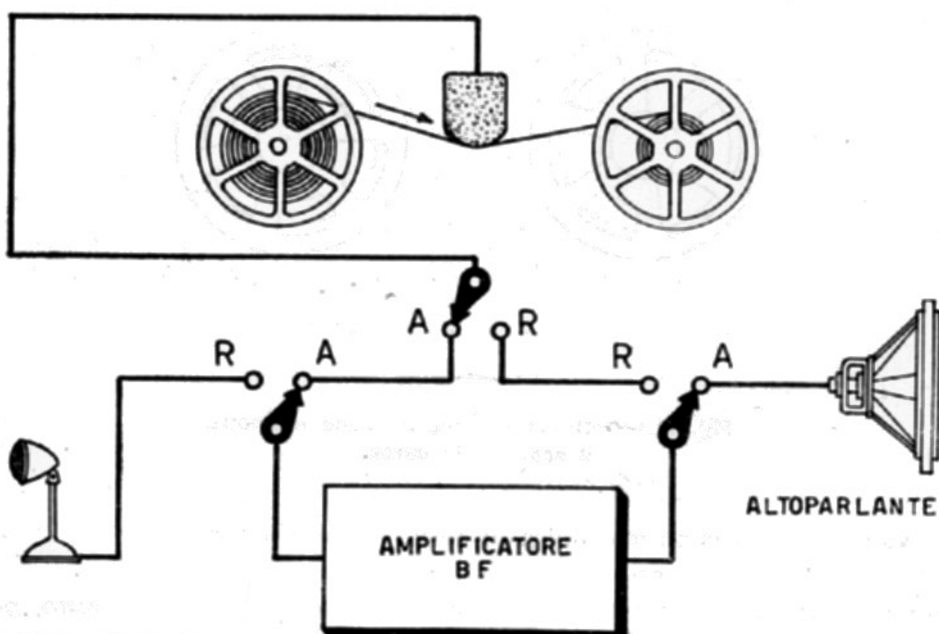


Fig. 12.2. - Principio generale dei registratori magnetici. In alto, come avviene la registrazione delle voci e dei suoni sul filo d'acciaio o sul nastro magnetico, scivolante sui poli della testa magnetica. In basso, come avviene la riproduzione

L'elettromagnete, sui poli del quale vien fatto scorrere il nastro, vien detto *testa magnetica* (magnetic head).

All'atto della *registrazione*, la testa magnetica è collegata all'uscita dell'amplificatore (al posto dell'altoparlante), mentre alla sua entrata è collegato il microfono.

All'atto della *riproduzione sonora*, la testa magnetica è invece collegata all'entrata dell'amplificatore (al posto del microfono), mentre alla sua uscita è collegato l'altoparlante.

Un semplice commutatore consente di scambiare l'entrata e l'uscita dell'amplificatore. La fig. 12.2 illustra in alto come sono disposte le varie parti del magnetofono all'atto della registrazione magnetica. Il commutatore è a tre vie e a due posizioni; le posizioni sono *R* (registrazione) e *A* (ascolto).

Nella stessa figura, in basso, è indicato il commutatore in posizione *ascolto*; in tal caso la testa magnetica è collegata all'entrata dell'amplificatore, mentre l'altoparlante è collegato all'uscita.

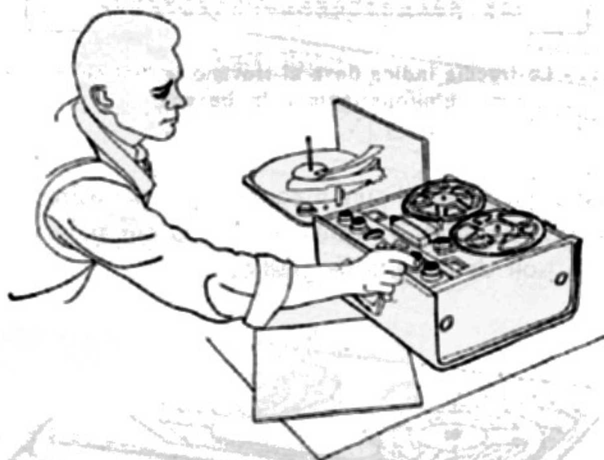


Fig. 12.3. - Come avviene la registrazione della voce su nastro magnetico di un comune registratore. Se si tratta di una conferenza, il microfono viene semplicemente appoggiato sul tavolo.

Le impressioni magnetiche rimangono inalterate per alcuni anni, durante i quali esse possono servire per numerosissime riproduzioni sonore. Esse non subiscono alcuna alterazione durante il passaggio sulla testa magnetica.

Le impressioni magnetiche possono venir cancellate facilmente dal nastro, in modo da consentirne l'uso per numerose registrazioni.

Categorie di magnetofoni.

Esistono tre categorie di magnetofoni: *a*) quelli di tipo comune, per sola voce, *b*) quelli per registrazioni musicali a media fedeltà, di tipo semi-professionale, e

c) quelli per registrazioni musicali a elevata fedeltà, di tipo professionale. I magnetofoni comuni, per sola voce, sono di piccole dimensioni e di basso costo; i magnetofoni semi-professionali sono di dimensioni maggiori e di maggior costo. I magnetofoni professionali, in uso nelle stazioni radiofoniche e, in alcuni casi, negli studi cinematografici, sono apparecchi alquanto complessi.

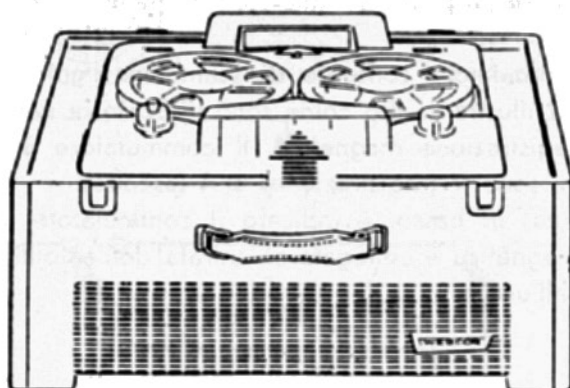


Fig. 12.4. - La freccia indica dove si trovano le testine magnetiche. L'altoparlante è in basso.

La fig. 12.4 ilustra l'aspetto di un magnetofono a nastro; la freccia indica la testa magnetica sulla quale scorre il nastro. Il lato su cui si trova la vernice magnetica è in contatto con i poli della testa magnetica.



Fig. 12.5. - Magnetofono da ufficio, per ascolto in cuffia.

Il magnetofono a nastro di fig. 12.5 è adatto per uffici, dove serve per la dettatura della corrispondenza. Questo magnetofono presenta la caratteristica della grande facilità di comando; il nastro può venir avviato, arrestato, riavvolto mediante comandi a pulsante, in modo da consentire la dettatura anche di brevi frasi e

consentire pause tra una frase e l'altra, sia nel momento della dettatura, sia in quello della riproduzione sonora. Tale riproduzione avviene non con altoparlante, ma con cuffia. La dattilografa avvia l'apparecchio, ascolta una frase, arresta l'apparecchio, batte a macchina la frase, poi avvia di nuovo l'apparecchio e così di seguito. Se non ha compreso bene una frase, preme sul comando di riavvolgimento e dopo alcuni secondi su quello di avvolgimento. L'apparecchio deve consentire il passaggio istantaneo del movimento del nastro in un senso o nell'altro, dalla bassa velocità di avvolgimento all'alta velocità di riavvolgimento e viceversa.

La fig. 12.6 riporta l'aspetto esterno di un magnetofono a nastro di tipo semi-

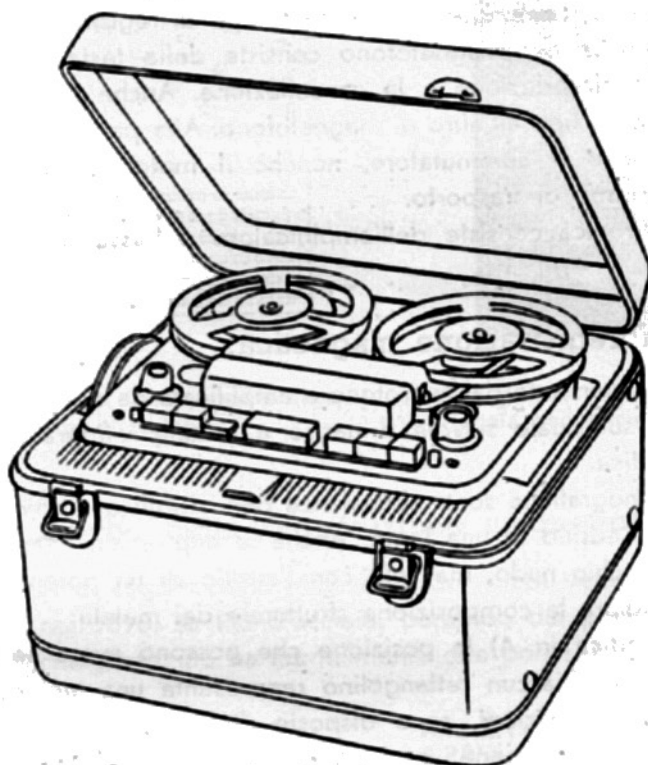


Fig. 12.6. - Esempio di registratore magnetico.

professionale, adatto per buone registrazioni musicali. I magnetofoni si distinguono principalmente per l'ampiezza della gamma sonora che possono fedelmente registrare e riprodurre. Quelli di tipo comune, per sola voce o quasi, consentono di registrare frequenze da 200 a 2 000 cicli al secondo, se molto economici, e frequenze da 100 a 5 000 cicli al secondo, se di costo più elevato. In questo secondo caso è possibile anche la buona registrazione di gran parte dei programmi radiofonici.

I registratori semi-professionali consentono registrazioni di frequenze da 50 a 10 000 cicli al secondo, mentre quelli professionali, ad alta fedeltà, consentono registrazioni dell'intera gamma sonora, da 30 a 15 000 cicli al secondo.

Le tre parti del magnetofono.

Il magnetofono, di qualunque tipo sia, consiste di tre parti distinte: una parte *meccanica*, una parte *elettrica* e una parte *elettronica*.

La parte meccanica consiste del *meccanismo di trasporto* del nastro; essa è tanto più precisa e accurata quanto più elevata è la fedeltà di riproduzione sonora. Il nastro deve scorrere sopra la testa magnetica con perfetta uniformità, con velocità costante, senza vibrazioni; ciò è possibile solo con meccanismi complessi. I piccoli magnetofoni, particolarmente quelli per sola voce, come ad es. quelli usati negli uffici, sono provvisti di meccanismo di trasporto assai elementare e quindi poco preciso, comunque sufficiente al tipo di registrazione.

La parte elettrica del magnetofono consiste della *testa magnetica* usata per la registrazione, la riproduzione e la cancellazione. Anche la testa magnetica differisce alquanto da un tipo all'altro di magnetofono. Alla parte elettrica appartengono anche il microfono e il commutatore, nonchè il motorino elettrico che fornisce energia al meccanismo di trasporto.

La parte elettronica consiste dell'amplificatore a bassa frequenza e dell'oscillatore supersonico.

Principio della registrazione magnetica.

La corrente proveniente dal microfono e amplificata da due o tre valvole, giunge all'elettromagnete sul quale scivola il nastro e rimane « impressa » nella vernice, sotto forma magnetica.

Le incisioni fonografiche sono abbastanza ben visibili a occhio nudo, e lo sono perfettamente con l'ausilio di una lente. Anche le impressioni magnetiche sono visibili, non però a occhio nudo, ma solo con l'ausilio di un potente microscopio, di quelli usati per studiare la composizione strutturale dei metalli.

La fig. 12.7 indica in *A*) la posizione che possono avere le molecole di un filo d'acciaio comune. Ciascun rettangolino rappresenta una molecola. Le molecole si trovano in diverse posizioni, sono disposte disordinatamente. È però possibile, con l'ausilio di una forza magnetizzante, far sì che le molecole si dispongano tutte in uno stesso senso, ossia che si « mettano in fila », come indicato in *B*) della stessa figura.

Ciascuna molecola è un minuscolo magnete, di proporzioni infinitesime. Si trovano in fila poichè il polo magnetico di una agisce su quello dell'altra. Se si tratta di filo di ferro comune, le molecole perdono facilmente l'energia magnetica e vanno, altrettanto facilmente, « fuori fila »; se invece si tratta di filo d'acciaio, o dell'apposita vernice a base di ossido di ferro, le molecole conservano per lungo tempo l'energia magnetica e si mantengono perciò in fila.

Se un filo d'acciaio, con le molecole tutte in fila, come in *B*) della figura, viene fatto scorrere sopra un elettromagnete, si produce nell'elettromagnete una debole corrente elettrica continua, ossia una corrente elettrica che non varia nè di intensità nè di senso.

La registrazione magnetica consiste nell'orientare le molecole magnetiche in modo da rappresentare fedelmente la forma dell'onda sonora.

La fig. 12.8 riporta la microfotografia di una struttura molecolare magnetica, portante una registrazione.

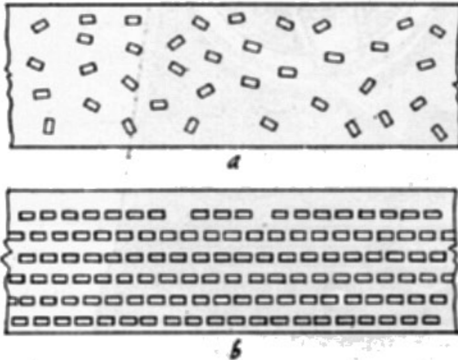


Fig. 12.7. - Molecole di ferro prima e dopo la premagnetizzazione.

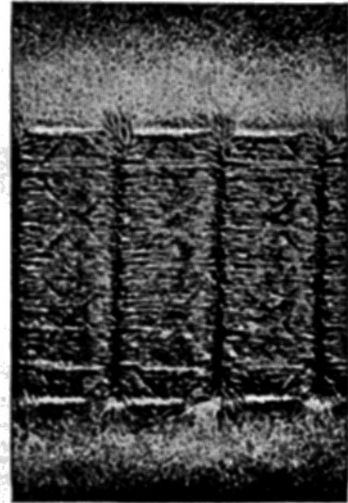


Fig. 12.8. - Microfotografia di materiale magnetico con registrazione.

Caratteristiche fisiche della registrazione magnetica.

I primi tentativi di registrazione magnetica dei suoni vennero fatti dal danese Valdemar Poulsen nel 1898, su filo d'acciaio, partendo dal principio seguente: una sbarretta di acciaio magnetizzato ha normalmente due poli soli, uno nord e uno sud,

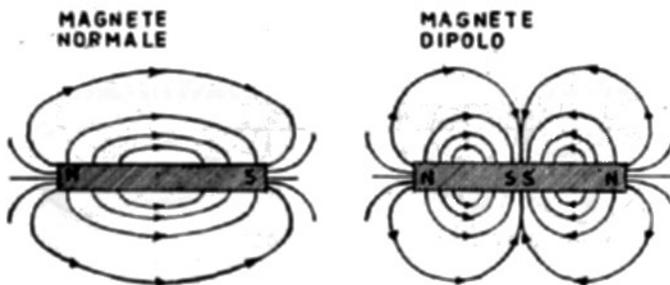


Fig. 12.9. - Magnete a due poli e magnete a quattro poli.

a ciascuna delle sue estremità, ma può averne anche quattro, due nord alle estremità e due sud al centro, come indica la fig. 12.9, a destra, e nello stesso modo può averne sei, otto, dieci, ecc.; nel caso di un lunghissimo filo d'acciaio, le coppie

di poli magnetici possono essere numerosissime. Lungo il filo di acciaio vengono a trovarsi innumerevoli magnetini, tutti disposti in senso longitudinale, della stessa intensità oppure di intensità diversa, come in fig. 12.11.

La successione dei magnetini lungo il filo di acciaio può essere ottenuta con



Fig. 12.10. - Il nastro magnetico passa dalla bobina di sinistra a quella di destra, scorrente sopra la testina magnetica di registrazione/riproduzione. (Registratore Sony).

una corrente microfonica, sufficientemente amplificata; in tal caso la forma dell'onda sonora risulta fedelmente riprodotta dalla variazione d'intensità dei magnetini elementari. È così ottenuta la *registrazione magnetica dei suoni*. Viene usato il filo d'ac-

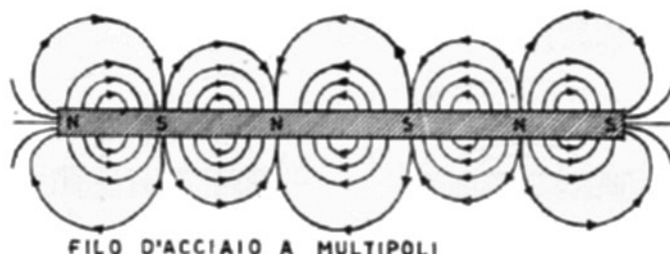


Fig. 12.11. - Come avviene la magnetizzazione di un lungo filo di acciaio. La registrazione magnetica si basa su questo fenomeno.

ciaio, poichè a differenza del ferro, l'acciaio conserva lo stato magnetico per lungo tempo.

Nei primi tempi, il filo d'acciaio veniva fatto correre tra i due poli di un elettro-

magnete, disposti come in *A*) di fig. 12.12, ma questa disposizione imponeva una eccessiva velocità di corsa del filo, quindi una quantità eccessiva di filo per ciascun minuto di registrazione. Ciò per il fatto che la frequenza sonora più alta registrabile sul filo dipende dalla distanza a cui si trovano i poli del magnete, a parità di velocità del filo. Minore è la distanza tra i poli, maggiore è la frequenza registrabile.

Teoricamente vale la formula:

Velocità del filo in cm/sec = Frequenza acustica in c/s × Distanza dei poli in cm. Se è necessario registrare frequenze acustiche sino a 4500 cicli, e se la distanza a cui si trovano i poli è di 2 mm (= 0,2 cm), la velocità di corsa del filo deve essere di $4500 \times 0{,}2 = 900$ cm/sec, ossia 9 metri al secondo. A tale velocità sarebbe necessario oltre mezzo chilometro di filo durante ciascun minuto di registrazione! Inoltre,

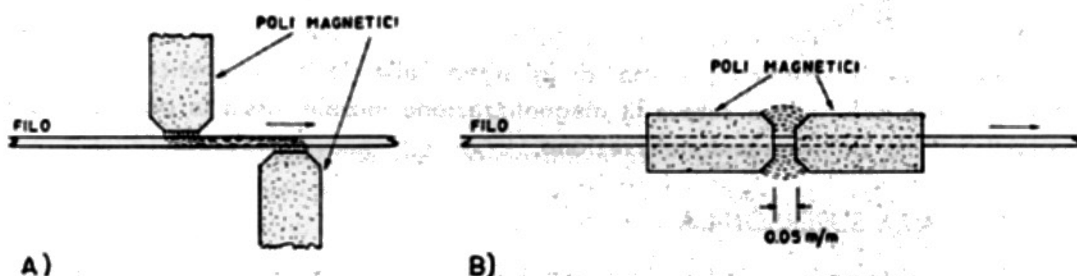


Fig. 12.12. - Due sistemi di magnetizzazione del filo. I due poli devono essere molto vicini al filo, ma non affacciati, come in A). Praticando un foro nei due poli, il filo scorre nel loro interno, ed i poli possono essere vicinissimi.

dato che il filo scivola sui poli, quest'ultimi si deteriorerebbero rapidamente e andrebbero spesso sostituiti. In pratica, per ottenere una buona registrazione è necessaria una velocità parecchie volte superiore a quella teorica, per cui da 9 m sarebbe necessario passare a 35÷40 m, quindi a parecchi chilometri di filo al minuto. Velocità e quantità di filo risulterebbero sproporzionate.

In seguito si trovò che la registrazione magnetica risultava possibile anche facendo correre il filo in un foro praticato longitudinalmente nei due poli dell'elettromagnete, come in *B*) di fig. 12.12. Quando il filo è nell'interno di uno dei poli, non subisce alcuna magnetizzazione; essa si manifesta soltanto nel tratto tra i due poli. La distanza tra i due poli venne ridotta a valori estremamente piccoli, da un quarto a mezzo decimo di millimetro, come appunto avviene nelle teste magnetiche attualmente in uso.

Con due poli affacciati ad un quarto di decimo di mm, pari a 0,0025 cm, la registrazione di frequenze sonore sino a 4500 cicli, di cui l'esempio precedente, diventa possibile con velocità di $4500 \times 0{,}0025 = 11{,}25$ cm/sec ed in pratica a quella di 50 cm/sec, pari a 30 metri al minuto, e 1800 metri all'ora, quindi del tutto accettabile. Nei registratori comuni, la velocità del filo è di 60 cm/sec, pari a 2160 metri di filo all'ora, contenuti in una bobinetta, ed è possibile la registrazione di tutte le frequenze, sino a 5000 cicli/secondo.

Poichè le frequenze acustiche della voce umana non superano i 1200 cicli/secondo, nei registratori per sola voce, la velocità del filo può essere ridotta a metà, a 30 cm/sec. Vi sono piccoli *registratori per scolari* in cui il filo corre appunto a 30 cm/sec; e vi sono registratori normali a due velocità, a 30 cm/sec ed a 60 cm/sec.

La polarizzazione magnetica.

La *caratteristica di magnetizzazione* non è rettilinea, ma è costituita da un ginocchio inferiore, da un tratto lineare e da un ginocchio superiore. È perciò necessaria una certa polarizzazione, come è necessaria per le valvole amplificatrici, ossia occorre che la vernice magnetica del nastro venga leggermente magnetizzata prima della registrazione.

Nei primi registratori, la testa magnetica era preceduta da una bobinetta percorsa da corrente continua. Prima di giungere alla testa magnetica, il nastro attraversava la bobinetta e subiva la magnetizzazione iniziale, ossia la *polarizzazione magnetica* detta anche *premagnetizzazione*.

LA FREQUENZA SUPERSONICA

Questo sistema di polarizzazione non è più in uso, in seguito alla scoperta fatta nel 1930 da Marvin Camras dell'*Armour Research Foundation*, consistente nella possibilità di fare a meno della magnetizzazione iniziale qualora alla testa magnetica venga applicata, insieme alla frequenza acustica da registrare, anche una *frequenza*

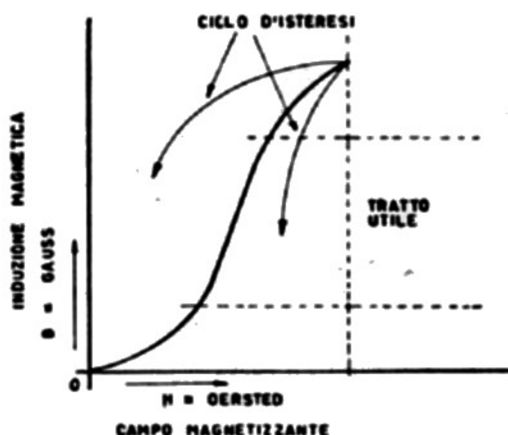


Fig. 12.13. - Solo una parte della curva di magnetizzazione è utilizzabile, per cui è necessaria la polarizzazione magnetica, circa come nelle valvole elettroniche.

supersonica, cinque o sei volte superiore alla acustica, tale da non risultare udibile sotto forma di fischio acuto, all'atto della riproduzione sonora.

La frequenza supersonica consente di utilizzare l'intera curva di magnetizzazione, ossia non solo il suo tratto rettilineo, ma anche i suoi ginocchi inferiore e superiore, in modo analogo a quanto avviene negli stadi di amplificazione con due valvole funzionanti in controfase di classe B. La tensione a frequenza supersonica ha l'effetto

di sdoppiare il segnale ad audiofrequenza in modo da ottenere due segnali eguali ed in fase, come indica la fig. 12.14; in tal modo ciascuno di essi viene a trovarsi su metà della curva di magnetizzazione; uno sulla metà superiore, l'altro sulla metà



Fig. 12.14. - Il segnale da registrare appare ai due lati della frequenza supersonica.

inferiore. La magnetizzazione del filo dovuta ai due segnali risulta senza distorsione anche se i due segnali sono distorti, come se l'intera curva fosse rettilinea.

Ciò è illustrato graficamente dalla fig. 12.15. La curva è quella della caratteristica

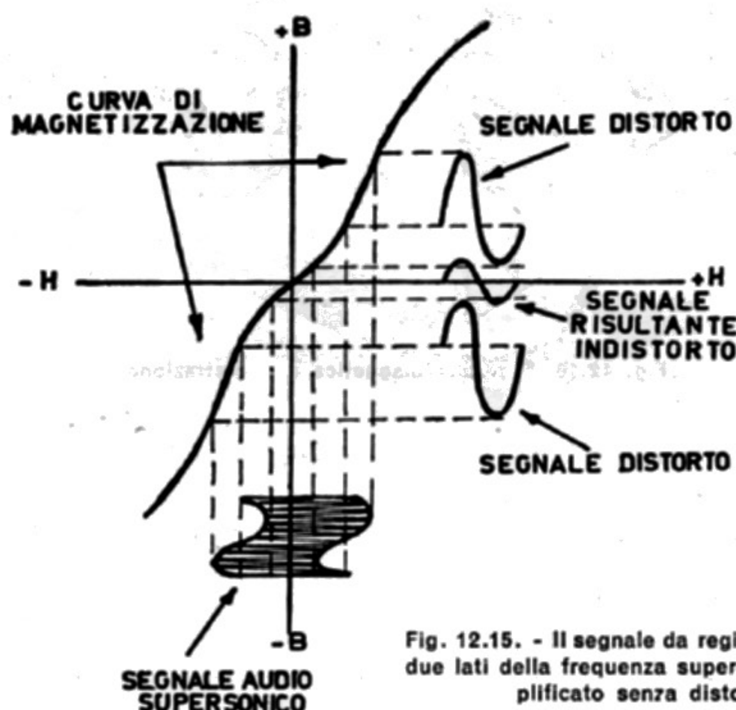


Fig. 12.15. - Il segnale da registrare presente ai due lati della frequenza supersonica viene amplificato senza distorsione.

di magnetizzazione del nastro; essa non è lineare, ciò nonostante, per l'applicazione della frequenza supersonica e per la conseguente divisione del segnale in due parti, essa si comporta come se fosse rettilinea. Alla base della figura è indicato il segnale

ad audiofrequenza da registrare, sovrapposto alla frequenza supersonica; la frequenza supersonica non è modulata in ampiezza dal segnale audio; i due segnali supersonico ed audio si sommano vettorialmente dando luogo ad un particolare segnale il quale fa spostare la polarizzazione magnetica a frequenza supersonica lungo la caratteristica di magnetizzazione del nastro.

Questo particolare segnale è costituito, come indicato in figura, da due segnali, uno dei quali agisce sulla metà superiore della curva di magnetizzazione, mentre l'altro agisce su quella inferiore; i due segnali sono distorti, ma la distorsione è in opposizione di fase. Quando la semionda positiva di uno dei segnali è troppo grande, la stessa semionda positiva dell'altro segnale è corrispondentemente troppo piccola, con il risultato che l'azione magnetizzante del segnale è data dalla differenza ed è quindi priva di distorsione.

VANTAGGI DELLA POLARIZZAZIONE CON FREQUENZA SUPERSONICA

L'applicazione della frequenza supersonica costituì uno dei maggiori progressi della registrazione magnetica. Ne risultarono tre vantaggi importanti: 1) sostanziale eliminazione delle usuali forme di distorsione magnetica: 2) forte riduzione del rumore residuo di fondo; 3) aumento della gamma di registrazione dinamica, ossia aumento del tratto lineare utile della caratteristica del filo d'acciaio, e quindi possibilità di registrazioni più intense.

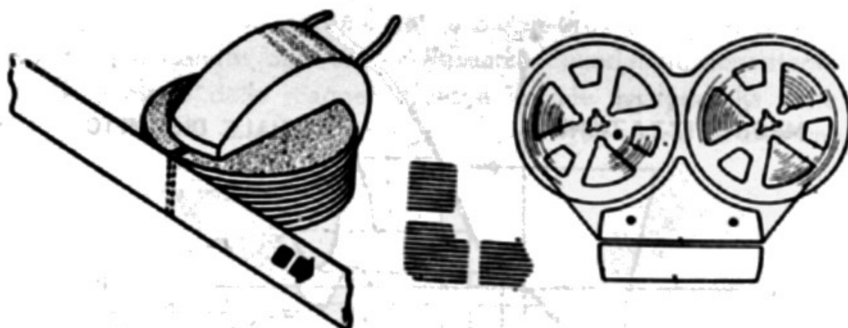


Fig. 12.16 – Testina magnetica di registrazione.

Tutti i registratori attuali possiedono un oscillatore a valvola, detto oscillatore supersonico o oscillatore BF, in grado di fornire una tensione sinusoidale a frequenza compresa tra 15 000 e 80 000 cicli, non critica.

La cancellazione delle impressioni magnetiche dal nastro.

Un importante vantaggio dei registratori magnetici, al quale si deve gran parte della loro rapida diffusione, consiste nella facilità con cui è possibile *cancellare la registrazione magnetica*, senza che perciò il nastro stesso venga in alcun modo alte-

rato. Alla cancellazione può seguire immediatamente una nuova registrazione. È possibile effettuare innumerevoli cancellazioni, seguite da altrettante registrazioni, cosa questa impossibile con gli altri sistemi di registrazione sonora.

Per di più, la cancellazione avviene in modo molto semplice, utilizzando la stessa frequenza supersonica impiegata per la registrazione. Per demagnetizzare il nastro, occorre anzitutto elevarne la magnetizzazione sino alla saturazione e poi sottoporla alla variazione ciclica di un campo magnetico. È appunto ciò che si ottiene con una sufficiente tensione a frequenza supersonica applicata alla bobina cancellante nella quale vien fatto passare il nastro. A 60 cm/sec e alla frequenza di 30 000 cicli, ciascuna particella viene sottoposta ad un numero sufficiente di campi magnetici ciclici per togliere dal nastro qualsiasi traccia della magnetizzazione precedente.

Non è necessario provvedere alla cancellazione di tutto il nastro prima di passare alla nuova registrazione. Il nastro con la vecchia registrazione può venir subito utilizzato per la nuova registrazione. In alcuni registratori la testa magnetica è preceduta da una



Fig. 12.17. - Bobine di nastro e testina magnetica di registratore.

testa cancellante, in altri è la stessa testa magnetica che provvede alla cancellazione e quindi alla registrazione. In quest'ultimo caso, la testa magnetica ha i tre compiti anzidetti: quello della registrazione, quello della riproduzione e quello della cancellazione. Mentre il nastro entra nella testa magnetica, viene tolta da esso la registrazione precedente e quindi viene applicata su di esso la nuova registrazione.

La testa cancellante separata, in uso in alcuni registratori, è simile a quella di registrazione-riproduzione; differisce da essa per il fatto che i poli dell'elettromagnete non sono altrettanto vicini. Distano, in media, di 0,25 mm, anzichè da 0,025 a 0,05 mm.

Il nastro magnetico.

La registrazione magnetica viene effettuata su apposito *nastro magnetico* (magnetic tape o Scotch), il quale consente l'impressione magnetica di una estesa gamma di frequenze.

Il nastro è generalmente di carta o di materiale plastico; in qualche caso è di nylon. È alto 1/4 di pollice, ossia 6,35 millimetri. È molto sottile e flessibilissimo. Il materiale magnetico è depositato sopra un solo lato, sul quale forma un esile strato di « vernice magnetica » a base di ossido di ferro trattato in modo particolare.

I *registratori a nastro* si distinguono in vari tipi, dai più semplici, per uso privato, ai più complessi, installati negli studi delle stazioni radiofoniche. Esistono piccoli registratori a nastro per la dettatura della corrispondenza, ve ne sono altri sistemati in valigia, adatti per i radiocronisti, con i quali è possibile la registrazione di qualche programma musicale, specie se destinato al « sottofondo », ed infine vi sono i registratori a nastro di grandi dimensioni, adatti per registrazioni accuratissime.

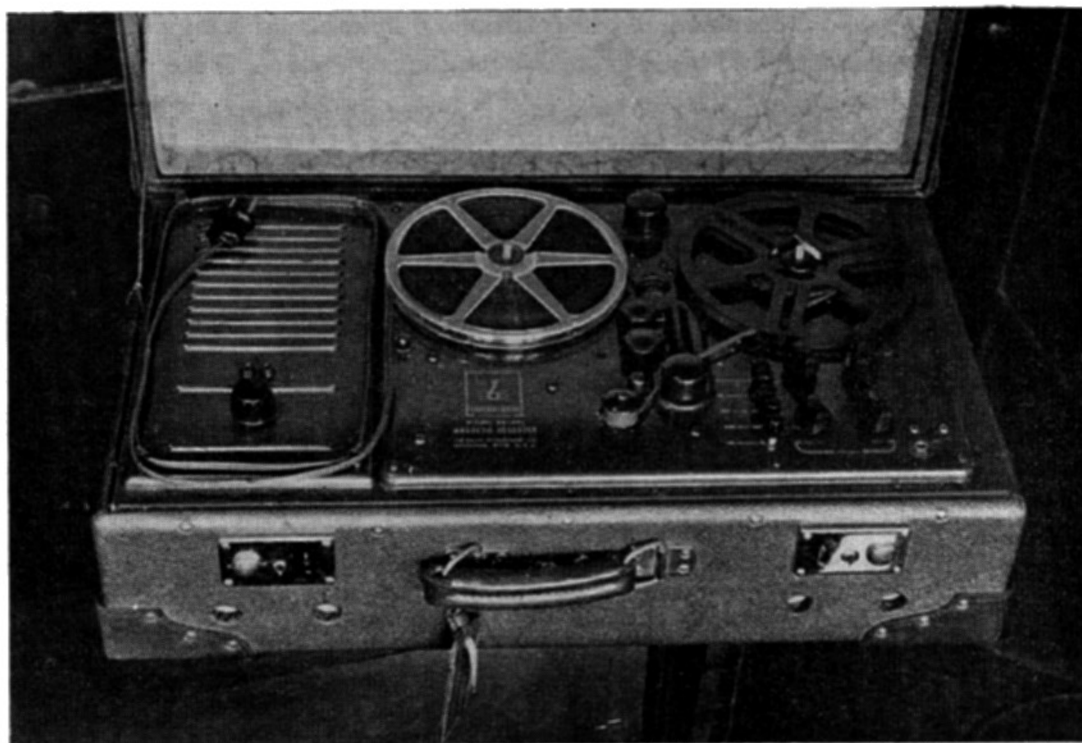


Fig. 12.18. - Uno dei registratori magnetici a nastro della Radio Italiana, per registrazioni all'esterno, a disposizione dei radiocronisti. Banda passante da 100 a 7000 cicli/secondo con una dinamica di 40 dB. Velocità del nastro: 19,05 centimetri al secondo.

Velocità di corsa del nastro magnetico.

La velocità di corsa del nastro magnetico dipende dal genere di registrazione. Il nastro può scorrere a bassissima velocità se si tratta di registrare una comunicazione a voce, un discorso, ecc., mentre deve invece scorrere ad alta velocità se si tratta di registrare musica sinfonica da radiotrasmettere. La velocità più bassa è quella di 15/16 di pollice, pari a 2,38 centimetri al secondo; la velocità più alta è quella di 30 pollici, pari a 76,20 centimetri al secondo.

LE VELOCITA' NORMALIZZATE.

Il nastro magnetico può scorrere a sette diverse velocità, le seguenti:

1)	$^{15}/_{16}$	pollici:	2,38	centimetri	al	secondo
2)	$1\,^{7}/_{8}$	»	4,76	»	»	»
3)	$2\,^{3}/_{16}$	»	5,55	»	»	»
4)	$3\,^{3}/_{4}$	»	9,52	»	»	»
5)	$7\,^{1}/_{2}$	»	19,05	»	»	»
6)	15	»	38,10	»	»	»
7)	30	»	76,20	»	»	»

La velocità normalizzata per piccoli magnetofoni è quella di 4,76 centimetri al secondo; quella per i magnetofoni medi è di 9,52 cm/s.

La velocità più alta del nastro, per usi normali, è quella di 19,05 cm/s, e serve per la registrazione di musica sinfonica.

La velocità del nastro dei dittafoni è la più bassa, ossia è di 2,38 cm/s.

In genere i magnetofoni sono provvisti di tre velocità diverse; esse sono:

per i piccoli magnetofoni: 2,38 cm/s - 4,76 cm/s e 9,52 cm/s
per i medi magnetofoni: 4,76 cm/s - 9,52 cm/s e 19,05 cm/s

Sono in uso magnetofoni ad una sola velocità, quella di 4,76 cm/s o quella di 9,52 cm/s, a seconda delle loro dimensioni. La velocità unica presenta il vantaggio di poter disporre tutte le registrazioni ad una sola velocità, e non già tratti di nastro registrati a velocità diverse, con conseguente necessità di tenerne conto a parte.

Le due velocità maggiori, quella di 38,10 cm/s e quella di 78,20 cm/s, sono utilizzate solo in apparecchiature di registrazione magnetica particolari, adatte per la registrazione dei concerti sinfonici.

LA GAMMA REGISTRABILE.

La gamma delle frequenze registrabili sul nastro magnetico dipende dalla velocità di corsa del nastro, oltre che da altri fattori. Alle sette velocità di corsa corrispondono le seguenti ampiezze della gamma delle audiofrequenze registrabili:



Fig. 12.19. - Registratori magnetici a nastro usati dalla Radio Italiana per le registrazioni da studio. Velocità del nastro: 38,1 cm/sec, oppure 76,2 cm/sec. Gamma acustica da 50 a 10.000 sino a 15.000 c/s, più o meno un decibel. Dinamica di registrazione di 50 dB. Questi apparecchi superano in perfezione qualsiasi altro sistema di registrazione attualmente esistente, compreso il film sonoro. I radioascoltatori non hanno la possibilità di distinguere tra un programma musicale diretto ed uno registrato, al contrario di quanto avviene per i dischi. A seconda delle dimensioni, le bobine consentono registrazioni da 20 a 35 minuti, senza interruzione.

Velocità del nastro in pollici	Velocità del nastro in cm/sec	Gamma di frequenze registrabile
$^{15}/_{16}$	2,38	da 200 a 2 000 c/s
$1\ ^{7}/_{8}$	4,76	da 150 a 3 000 c/s
$2\ ^{3}/_{16}$	5,55	da 100 a 4 000 c/s
$3\ ^{3}/_{4}$	9,52	da 80 a 5 000 c/s
$7\ ^{1}/_{2}$	19,05	da 60 a 8 000 c/s
15	38,10	da 50 a 10 000 c/s
30	76,20	da 40 a 15 000 c/s

VELOCITA' DI CENTRO - NASTRO.

Le velocità indicate sono medie, ossia sono *velocità di centro-nastro.* La velocità iniziale è minore della velocità finale, per il diverso diametro della bobina piena rispetto quella vuota. A mano a mano che il nastro si svolge dalla bobina serbatoio, quella di sinistra, e passa nella bobina di registrazione e riproduzione, quella di destra, la velocità di corsa aumenta.

La velocità di centro-nastro di 3 pollici e tre quarti, pari a 9,52 centimetri al secondo, passa dalla *velocità di inizio-nastro,* in media di 8,3 cm/sec circa, alla *velocità di fine-nastro,* che può essere di 11 cm/sec.

È per evitare differenze troppo forti tra le velocità di inizio-nastro e di fine-nastro che le bobine sono di diametro interno notevole; i 360 metri di nastro delle bobine usuali potrebbero venir raccolti in bobine di diametro più piccolo, ma la differenza di velocità risulterebbe eccessiva.

Caratteristiche del nastro magnetico.

Nel 1933 erano necessari 18 000 metri di nastro magnetico per ciascuna mezz'ora di registrazione di frequenze sino a 5000 c/s; in seguito a perfezionamenti apportati al materiale magnetico deposto sul nastro, nel 1943 fu possibile ottenere la stessa registrazione di mezz'ora, con frequenze sino a 5000 c/s, con soli 1600 metri di nastro. Dal 1946, grazie agli ulteriori progressi raggiunti in quell'anno, bastano 365 metri di nastro, riducendo gradatamente la velocità di corsa del nastro stesso sino a quella attuale di 9,52 cm/sec.

Il nastro può essere di qualsiasi materiale, purchè sufficientemente resistente allo strappo e flessibile, e non magnetico. I nastri più usati sono quelli di carta appositamente trattata e quelli in materiale plastico.

Sul nastro viene depositato lo strato di materiale magnetico dello spessore di 2 centesimi di millimetro, ed anche meno. Lo strato è costituito da un legante nel quale sono immerse microscopiche particelle di materiale magnetico, staccate tra di loro, tanto da costituire delle « isolette magnetiche », ciascuna delle dimensioni di un micron, circa.

Il materiale impiegato è un ossido di ferro ricavato da solfato di ferro per reazione con ammoniaca e nitrato d'ammonio. È l'« ossido nero », a divisione minutissima; esso viene ulteriormente ossidato a 230° C per sei ore. I suoi cristallini sono molto uniformi e possiedono alte proprietà magnetiche.

Il legante ha il compito di trattenere i cristallini di ossido sul nastro; la qualità del nastro magnetico dipende molto da esso. Il lato verniciato del nastro scorre sulla testa magnetica, con la quale deve essere in buon contatto; ma ciò comporta l'inevitabile asportazione di una parte della « vernice magnetica ». È questo uno degli svantaggi più considerevoli del nastro rispetto al filo. Affinchè l'asportazione risulti ridottissima, è necessario che il legante abbia qualità particolari.

La qualità del nastro dipende anche dalla uniforme distribuzione dei cristallini di

ossido lungo lo strato magnetico; l'insufficiente uniformità determina particolari disturbi. Infine lo strato deve essere molto liscio, affinchè il nastro possa scivolare sui poli della testa magnetica senza alcun sobbalzo, neppur microscopico.

LE TRACCIE O PISTE MAGNETICHE

Il nastro è provvisto di due o di quattro *traccie magnetiche*, dette anche *piste* o *bande magnetiche*. Ciascuna traccia è larga 2,4 o 1,2 millimetri. Viene registrata una per volta. Un nastro a due traccie è indicato dalla fig. 12.20.

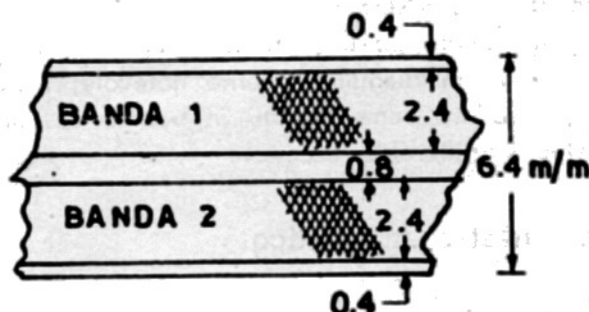


Fig. 12.20. - Nastro magnetico a doppia traccia.

Durata della registrazione o ascolto.

La durata della registrazione o dell'ascolto consentita dallo svolgimento di una intera bobina di nastro, e relativa a una sola traccia, è, rispetto alla velocità di corsa del nastro, la seguente:

A) *Velocità di corsa del nastro: 4,75 cm/sec.*

Bobina di 90 m = 30 minuti — Bobina di 360 m = 120 minuti
Bobina di 180 m = 60 minuti — Bobina di 540 m = 180 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 2,85 metri).

B) *Velocità di corsa del nastro: 9,5 cm/sec.*

Bobina di 90 m = 15 minuti — Bobina di 360 m = 60 minuti
Bobina di 180 m = 30 minuti — Bobina di 540 m = 90 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 5,7 metri).

C) *Velocità di corsa del nastro: 19 cm/sec.*

Bobina di 90 m = 7,5 minuti — Bobina di 360 m = 30 minuti
Bobina di 180 m = 15 minuti — Bobina di 540 m = 45 minuti

(Durante ciascun minuto, la lunghezza di nastro svolto da una bobina all'altra è di 11,4 metri).

Il nastro è a doppia traccia, per cui a ciascuna bobina corrisponde un tempo doppio di quello indicato. Così, le bobine di 180 metri di nastro, alla velocità di 9,5 cm/sec, hanno una durata di 2 × 30 minuti; dopo i primi 30 minuti occorre invertire le bobine e copovolgere il nastro.

I magnetofoni di costo elevato, con inversione automatica del senso di corsa del nastro, consentono una durata doppia di quella indicata. Così le bobine di 180 metri, alla velocità di 9,5 cm/sec hanno una durata di 60 minuti, e non di 2 × 30 minuti.

Riparazione del nastro.

Nell'eventualità della rottura del nastro, per la sua riparazione si procederà come segue:

1) sovrapporre le due estremità da collegare e tagliarle secondo una retta inclinata come in figura in modo da eliminare la rivelazione dell'interruzione nella riproduzione.

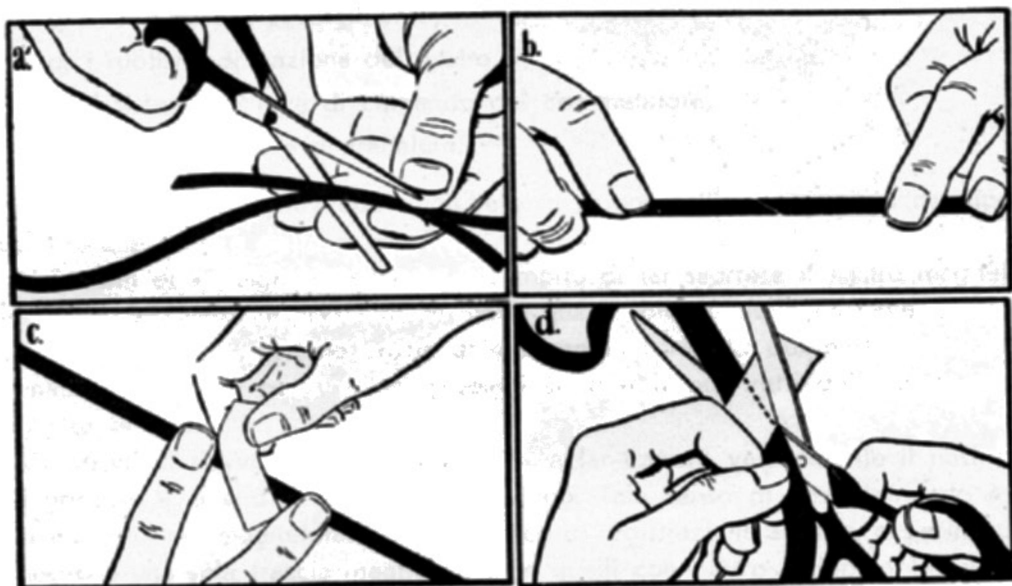


Fig. 12.21. - Come vanno unite due parti del nastro magnetico.

2) Allineare sopra un piano le due estremità tagliate, avvertendo di tener rivolta verso l'alto la superficie lucida del nastro.

3) Fissare con cura il nastro adesivo sulle due estremità da collegare.

4) Ritagliare a filo l'eccesso di nastro adesivo, onde evitare possibili incollature.

CAPITOLO TREDICESIMO

COMANDI E RUOTISMI DEL MAGNETOFONO

Il complesso meccanico del magnetofono.

Per *complesso meccanico* s'intende quella parte del magnetofono che provvede al movimento di traslazione del nastro da una bobina all'altra. Consiste di sei parti:

a) il motore elettrico,

b) i ruotismi di avvolgimento,

c) i ruotismi di riavvolgimento,

d) i ruotismi di trazione del nastro,

e) il sistema di leve di comando del commutatore,

f) il sistema di leve di frenatura.

Il *motore elettrico* provvede a mettere in azione tutti i ruotismi; è del tipo a induzione, e di esso è detto in seguito.

I *ruotismi di avvolgimento* hanno il compito di far scorrere il nastro magnetico sulle testine, alla velocità prescelta, in modo quanto più possibile costante. In alcuni magnetofoni, essi provvedono anche all'*avanzamento rapido* del nastro, per poter consentire l'ascolto di registrazioni presenti su due o più tratti del nastro stesso, distanti tra di loro.

I *ruotismi di riavvolgimento* provvedono a far correre velocemente il nastro, in senso opposto a quello di registrazione-ascolto. Tale senso di riavvolgimento è da destra a sinistra nei *magnetofoni a senso unico di registrazione-ascolto*, ossia in quelli con nastro a una sola traccia magnetica e in quelli con nastro a doppia traccia, ma con *inversione manuale delle bobine*.

Non vi è un senso di avvolgimento e un altro di riavvolgimento nei magnetofoni con nastro a doppia traccia, e *inversione automatica* della corsa del nastro, in quanto non vi è neppure un senso unico di registrazione-ascolto.

I *ruotismi di trazione del nastro* hanno il compito di far correre il nastro nelle teste magnetiche, con velocità uniforme e senza alcuna vibrazione. Nei primi magnetofoni, e in quelli attuali di tipo molto semplice, i ruotismi di trazione mancano, essendo il nastro messo in corsa unicamente dalla rotazione della bobina di avvolgimento, quella di destra. In tal modo però la corsa del nastro non è perfettamente lineare, come invece avviene quando essa è affidata principalmente ai ruotismi di

trazione. Essi consistono essenzialmente in un pesante volano, messo in azione da una puleggia collegata direttamente o indirettamente all'asse del motore elettrico, e da un albero solidale con il volano. Il nastro è fatto aderire all'albero del volano, mediante un *rollino di pressione*. È l'albero del volano a determinare la trazione del nastro. Esso si trova in prossimità delle teste magnetiche. È anche detto *asse di trazione*, o *rocchetto di trazione* o *capstan*.

Il *sistema di leve di comando* del commutatore consente di ordinare l'entrata in movimento dei necessari ruotismi. Quando vengono abbassati i tasti *registrazione* o *ascolto*, una leva fa accoppiare i *ruotismi di avvolgimento* e i *ruotismi di trazione del nastro* all'asse del motore; essi si mettono in movimento e fanno correre il nastro. Quando invece viene abbassato il tasto *riavvolgimento*, i ruotismi di avvolgimento e di trazione vengono staccati, e lasciati liberi, mentre vengono messi in azione, mediante altra leva, i *ruotismi di riavvolgimento*. Un'altra leva ancora comanda i *ruotismi di avanzamento rapido*.

In alcuni magnetofoni le leve di comando, abbinate ai tasti del commutatore, sono, in parte o in tutto, sostituite da relè; in tal caso, i comandi meccanici sono sostituiti da comandi elettrici.

Il *sistema di leve di frenatura* provvede a frenare fortemente i ruotismi in movimento, non appena viene abbassato il tasto che ordina il fermo. Generalmente ciascun piattello portabobina è provvisto di un disco, fissato allo stesso asse, e presente sotto il pannello. È su questo disco, munito di cerchione di gomma che si esercita l'azione dei freni. Durante la registrazione, quando il nastro passa dalla bobina di sinistra, quella di riavvolgimento, alla bobina di destra, quella di avvolgimento, quella di riavvolgimento, dalla quale il nastro si svolge, è leggermente frenata, per evitare che abbia a ruotare troppo velocemente e il nastro abbia a scavalcare il bordo, aggrovigliandosi.

Il piattello portabobina.

Il piattello portabobina si trova sopra il pannello superiore del magnetofono; su di esso viene posta la bobina di nastro. Vi è un piattello di destra, sul quale viene posta la *bobina di avvolgimento*, e un piattello di sinistra, sul quale vi è la bobina dalla quale viene svolto il nastro durante la registrazione o l'ascolto, e sulla quale il nastro viene riavvolto, al termine della registrazione; è detta *bobina di riavvolgimento*.

Il piattello di destra è quello di importanza maggiore, in quanto provvede ad avvolgere il nastro con velocità uniforme; quello di sinistra è meno importante, poichè provvede solo a riavvolgere il nastro a velocità elevata.

La fig. 13.1 illustra un piattello di destra, per bobina di avvolgimento, con il sottostante disco provvisto di cerchione gommato. È a tale disco che viene applicato il movimento all'atto della registrazione o ascolto, ed è ad esso che viene applicato un leggero frenaggio all'atto del riavvolgimento, come già accennato.

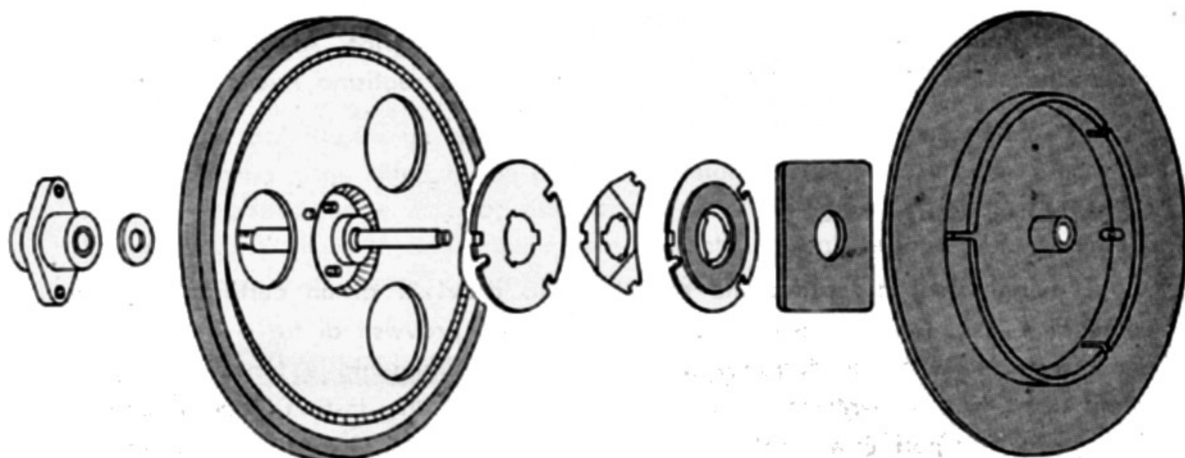


Fig. 13.1. - Piattello portabobina di avvolgimento (di destra) con il proprio disco gommato sottostante.

Comandi e controlli del magnetofono.

I magnetofoni sono provvisti di due *comandi principali:*

a) il comando di registrazione,

b) il comando di ascolto,

e di quattro *comandi di movimento:*

1) avanzamento normale,
2) avanzamento rapido,
3) riavvolgimento,
4) fermo.

I comandi principali sono sempre elettrici; i comandi di movimento possono essere meccanici o elettrici.

Nella maggior parte dei magnetofoni, i comandi di movimento sono di tipo meccanico; soltanto i magnetofoni di alto costo sono provvisti di comandi di movimento di tipo elettrico.

COMANDI MECCANICI E COMANDI ELETTRICI

I comandi di movimento di tipo meccanico sono ottenuti con aste, leve, articolazioni e molle; l'azione che si esercita sui comandi, determina il corrispondente spostamento delle aste, leve, ecc. L'abbassamento di un tasto o di un pulsante, o il cambio di posizione della manopola del commutatore, è sufficiente per ottenere il comando, tramite le articolazioni meccaniche. I comandi di movimento di tipo elettrico si valgono invece di relè; in tal caso l'abbassamento di un tasto o di un pulsante, oppure il passaggio della manopola del commutatore da una posizione

all'altra, determina soltanto la chiusura di un circuito elettrico. A ciascun comando corrisponde un relè, posto in immediata vicinanza del ruotismo meccanico da comandare.

COMANDI A TASTI

I magnetofoni di costruzione recente sono provvisti di un certo numero di *comandi a tasti*. I piccoli e medi magnetofoni sono provvisti di tre o quattro tasti per i seguenti comandi: registrazione, ascolto, riavvolgimento e fermo. I magnetofoni adatti per registrazioni musicali sono forniti di sette tasti. Di questi, uno di dimensioni maggiori è al centro, mentre gli altri sono disposti tre da un lato e tre dal lato opposto. Il tasto di centro è sempre quello di *fermo;* è detto anche *tasto di attesa*. Serve ad arrestare momentaneamente la corsa del nastro, mentre tutti gli organi del magnetofono rimangono sotto tensione.

Per riprendere la registrazione o l'ascolto, basta premere nel relativo tasto; quello di fermo ritorna automaticamente in posizione di riposo.

COMANDI SEPARATI E COMANDI UNITI

Nei piccoli magnetofoni, i comandi principali sono separati da quelli di movimento. Occorre prima mettere in corsa il nastro, e poi agire sul comando di registrazione o quello di ascolto. Negli altri magnetofoni i comandi principali sono uniti a quelli di movimento. Dalla posizione di fermo si passa direttamente a quella di registrazione o ascolto; premendo uno di questi tasti, il nastro si mette in movimento.

In alcuni magnetofoni i comandi principali sono separati da quelli di movimento. Essi sono provvisti di due manopole, una a due posizioni (registrazione o ascolto), l'altra a tre o quattro posizioni (una o due per l'avanzamento, una per il riavvolgimento e una per il fermo).

CONTROLLI E CAMBI

Tutti i magnetofoni sono provvisti anche di due controlli, uno di tonalità e l'altro di volume, che serve per regolare l'intensità del volume sonoro e che agisce anche, durante la registrazione, da controllo di livello di modulazione.

L'interruttore di accensione è abbinato all'uno o all'altro dei due controlli.

C'è, inoltre, il *cambio velocità*, per passare da una all'altra delle due velocità di corsa; e c'è infine, il *cambio-tensioni*, per adattare l'alimentatore del magnetofono alla tensione della rete-luce.

Il commutatore di registrazione-ascolto e il commutatore di movimento.

La fig. 13.2 illustra un esempio di magnetofono commerciale, molto diffuso, in cui i comandi sono ottenuti con due commutatori. A sinistra è visibile il *commutatore di registrazione* e *ascolto;* esso provvede a collegare la testina magnetica di registrazione all'uscita dell'amplificatore, durante la registrazione, e a collegarla invece all'entrata dell'amplificatore durante l'ascolto.

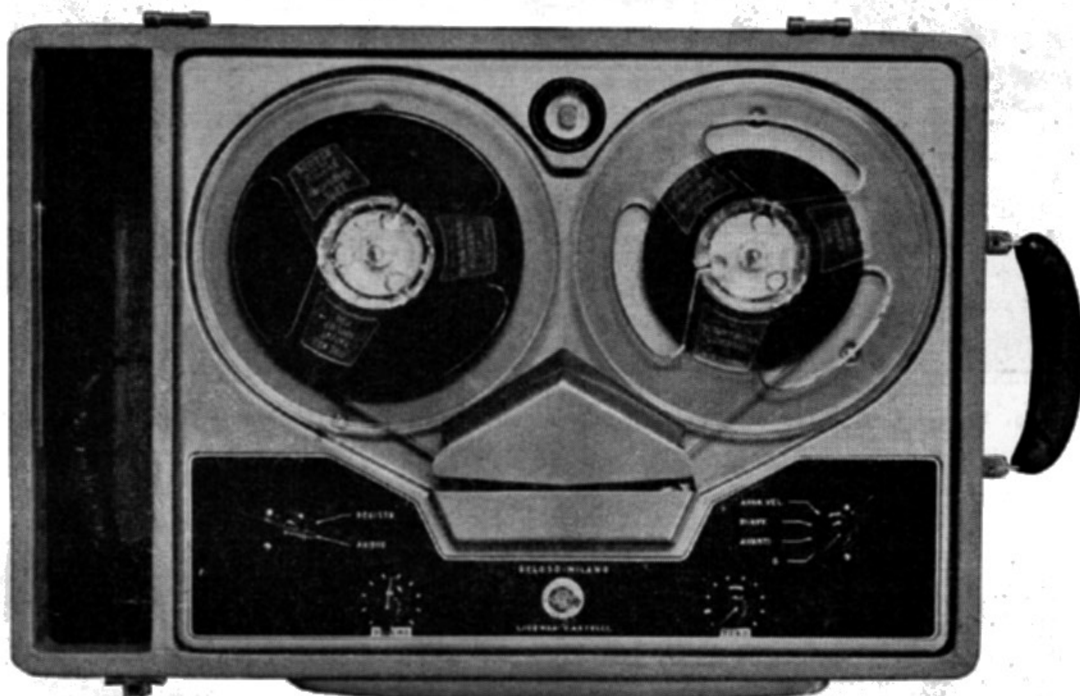


Fig. 13.2. - Magnetofono con comandi principali (a sinistra) e di movimento (a destra) con commutatore a manopola (Geloso).

A destra, nella stessa figura, è visibile il *commutatore di movimento,* a quattro posizioni. Le posizioni sono dal basso in alto: fermo, avvolgimento normale, riavvolgimento e avvolgimento rapido.

La fig. 13.3 illustra un altro magnetofono, adatto per essere abbinato ad apparecchio radio. Anche in questo esempio, il *commutatore di movimento* è di tipo rotante, comandato da una manopola. È a quattro posizioni.

La fig. 13.4 consente di vedere una parte delle leve sottostanti il pannello, nel quale agisce il commutatore di movimento. Il passaggio del commutatore dall'una all'altra delle quattro posizioni, determina lo spostamento di alcune leve, le quali, con il loro movimento, agiscono sui ruotismi, determinando l'entrata in azione di alcuni, o l'arresto di altri.

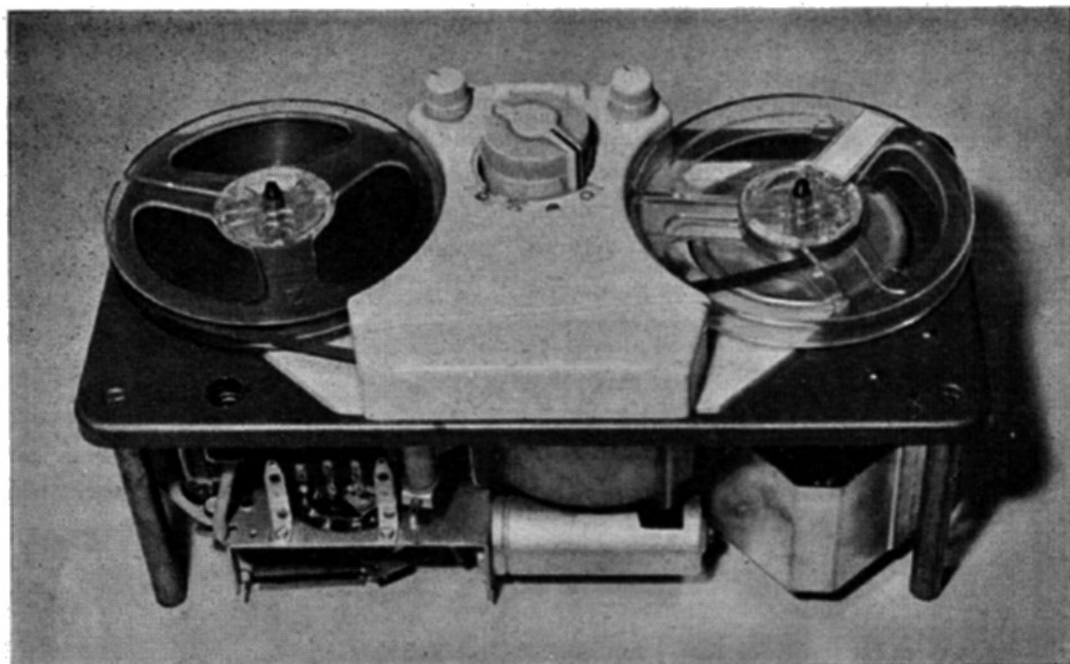


Fig. 13.3. - Complesso di registrazione magnetica per apparecchio radio, con comando di movimento a manopola (Philips AG-8001)

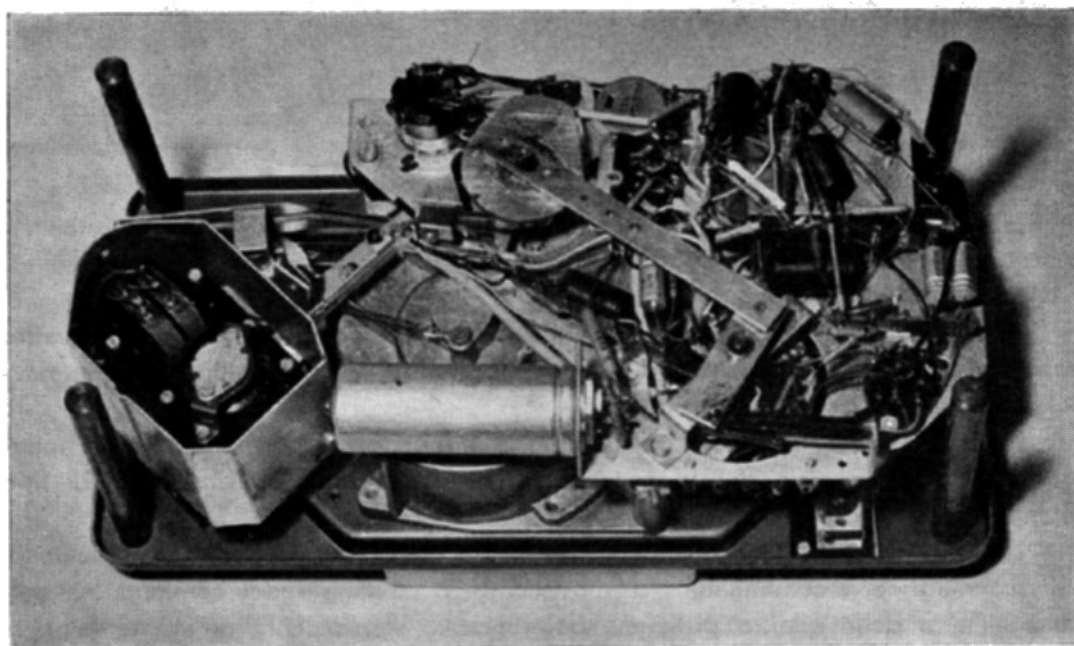


Fig. 13.4. - Vista sotto il complesso di fig. 13.3.

Il motore elettrico è sempre in rotazione, dal momento in cui viene messo in funzione il magnetofono, agendo sull'interruttore-rete. Quando il nastro non è in corsa, il commutatore di movimento è in posizione « fermo ». Il motore gira, ma tutti i ruotismi sono fermi. Non appena il commutatore viene ruotato nella posizione « avvolgimento », il nastro si mette in corsa. Il passaggio del commutatore da una posizione all'altra ha determinato lo spostamento di un sistema di leve. Tale sistema di leve, spostandosi, ha messo i ruotismi di avvolgimento in contatto con l'asse del motore elettrico, e ciò tramite lo spostamento di un ruotismo, intermediario, la *ruota libera*.

In figura è visibile la lunga leva che, partendo da sotto il commutatore, va a comandare la ruota libera (non visibile) tramite un braccio. Una grossa molla, visibile in basso, a destra, riporta la ruota in posizione di riposo, quando cessa il comando della leva.

Tale ruota libera può venir inserita o disinserita tra il *rocchetto motore* e i *ruotismi di trazione-avvolgimento*, oppure tra il rocchetto motore e i *ruotismi di riavvolgimento*.

Il *rocchetto motore* fa parte dell'asse di rotazione del motore elettrico; gira perciò alla velocità del motore. In media tale velocità è di 1 400 giri al minuto. I ruotismi provvedono a diminuire adeguatamente tale velocità di rotazione in quella necessaria.

La *ruota libera* può girare in due o tre diverse posizioni; è libera e spostabile. Lo spostamento da una posizione all'altra è ottenuto con leve, bracci e camme, oppure per l'azione di un relè.

I tasti di comando.

Ciascuno dei tasti della tastiera del commutatore si comporta in modo analogo a quello illustrato dalla fig. 13.5.

Il tasto (1), di materiale plastico, è avvitato alla propria leva metallica (*A*); tale leva è sistemata sopra un asse, il quale è comune a tutti i tasti. L'asse comune è indicato in fig. 13.6 *A* con (3).

La leva metallica (*A*) consiste di una parte orizzontale, sopra la quale è avvitato il tasto, e di una parte inclinata (4), sottostante l'asse comune. Questa parte sottostante è trattenuta da una molla; essa costringe il tasto a rimanere fermo, nella posizione di riposo.

Quando il tasto viene abbassato, la parte inclinata della leva (4), costringe la barretta di comando a muoversi nel senso indicato dalla freccia. Nello stesso tempo, la parte orizzontale della leva (*A*) incontra, abbassandosi, il bordo metallico (5), nel quale si incastra la sua sporgenza metallica. Il tasto rimane in tal modo abbassato. Il bordo metallico (5) è comune a tutti i tasti.

Non appena un altro tasto viene abbassato, la sporgenza della sua leva (*A*) allontana il bordo metallico (5), e libera il tasto precedentemente abbassato, il quale

viene portato in posizione di riposo per l'azione della molla, mentre esso rimane in posizione abbassato.

Nell'esempio di fig. 13.6 *B*, i tasti sono cinque. Il tasto centrale è quello di



Fig. 13.5. - Esempio di magnetofono con i comandi principali a tasti e quelli di movimento con manopole (Grundig mod. TK8).

FERMO; ai suoi lati vi sono i tasti di REGISTRAZIONE e di ASCOLTO. Alle due estremità si trovano i tasti di AVANZAMENTO RAPIDO e quello di RIAVVOLGIMENTO.

Nell'esempio, i tasti di registrazione e di ascolto non possono venir abbassati

se prima non è stato abbassato il tasto di fermo, allo scopo di evitare manovre errate. Una apposita leva trattiene, come indica la figura, i tasti di registrazione

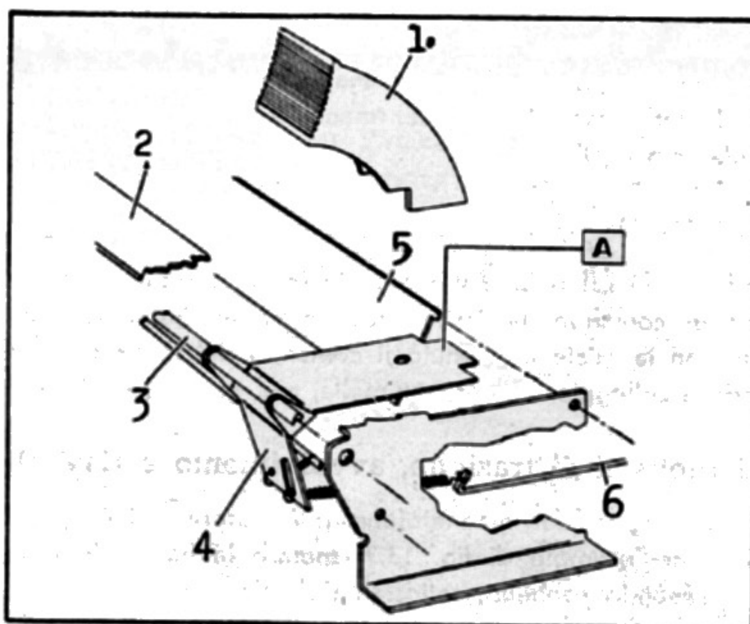


Fig. 13.6A. - Caratteristiche meccaniche dei tasti di comando.

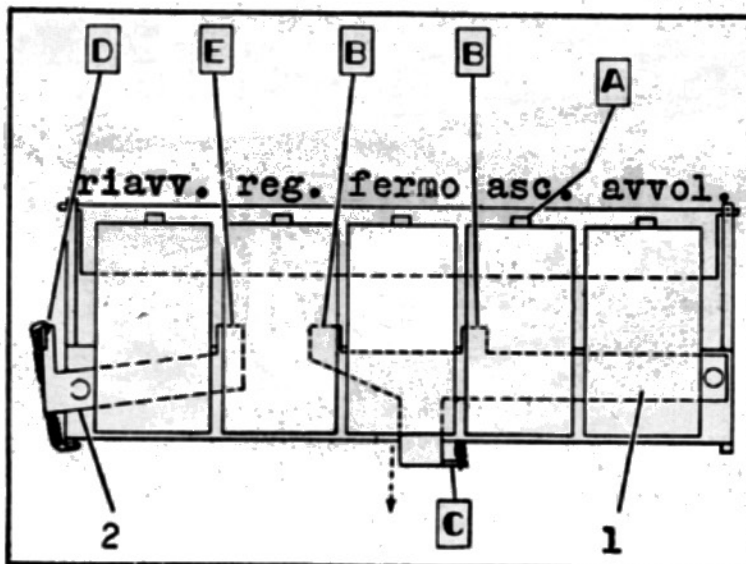


Fig. 13.6B. - Caratteristiche meccaniche di tastiera con cinque tasti.

e di ascolto in posizione di riposo. Solo se il tasto di fermo viene abbassato, tale leva viene abbassata e lascia liberi i due tasti di registrazione e ascolto.

In figura con *B* e *B* sono indicate le due sporgenze della leva di blocco (1),

le quali trattengono al loro posto i due tasti. La leva di blocco è trattenuta a posto dalla molla C.

Un'altra leva, detta di sicurezza, trattiene il solo tasto di registrazione, posto a sinistra di quello di fermo. Essa è comandata da un pulsante di sicurezza, sul quale occorre agire per poter effettuare una qualsiasi registrazione, ciò allo scopo di evitare involontarie cancellazioni per manovre errate. La leva di sicurezza (2) è azionata dalla molla (*D*).

L'ASTA DI COMANDO

Il comando viene ottenuto, nel momento in cui ciascun tasto viene abbassato, tramite un'*asta di comando*, la quale provvede a effettuare lo spostamento della leva articolata, con la quale è ottenuto il comando del ruotismo. In fig. 13.6A tale asta di comando è collegata, tramite una molla, alla parte inclinata (4) della leva (*A*).

Esempio di ruotismi di trazione, avvolgimento e riavvolgimento.

La parte meccanica del magnetofono può essere sistemata su un pannello superiore, come nell'esempio di fig. 13.7, mentre la parte elettronica può essere sistemata su un secondo pannello, sottostante al primo.

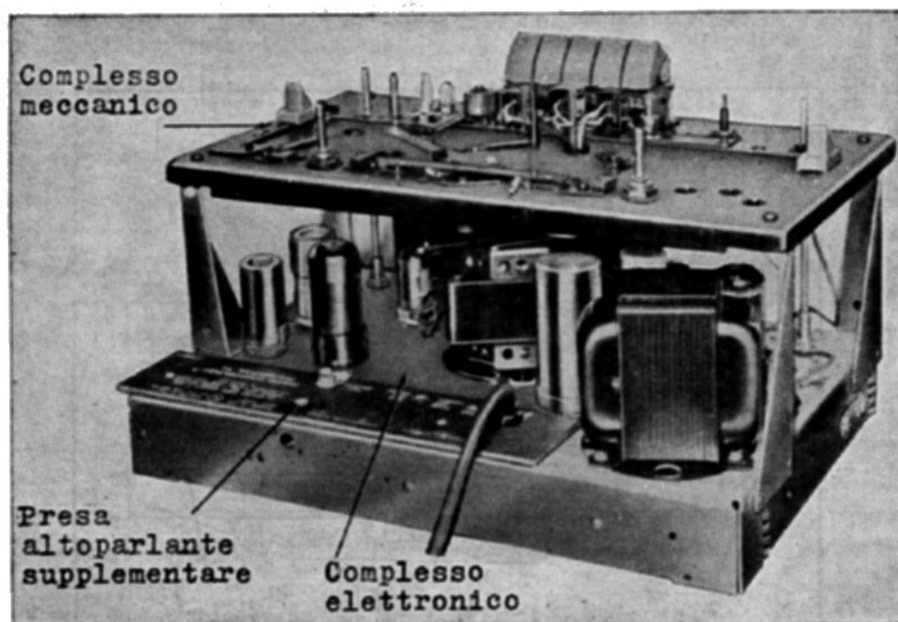


Fig. 13.7. - Telaio di magnetofono con comandi a tastiera. I tasti sono illustrati dalle figg. 13.6A/B.

Sulla parte soprastante del pannello superiore sono collocati i diversi comandi: la tastiera, il gruppo delle testine magnetiche, e l'insieme delle leve di comando,

azionate dai tasti. Tutta questa parte soprastante il telaio superiore è visibile in fig. 13.8.

I diversi ruotismi di trazione, di avvolgimento e di riavvolgimento, sono sotto il pannello superiore, e sono illustrati dalla fig. 13.9.

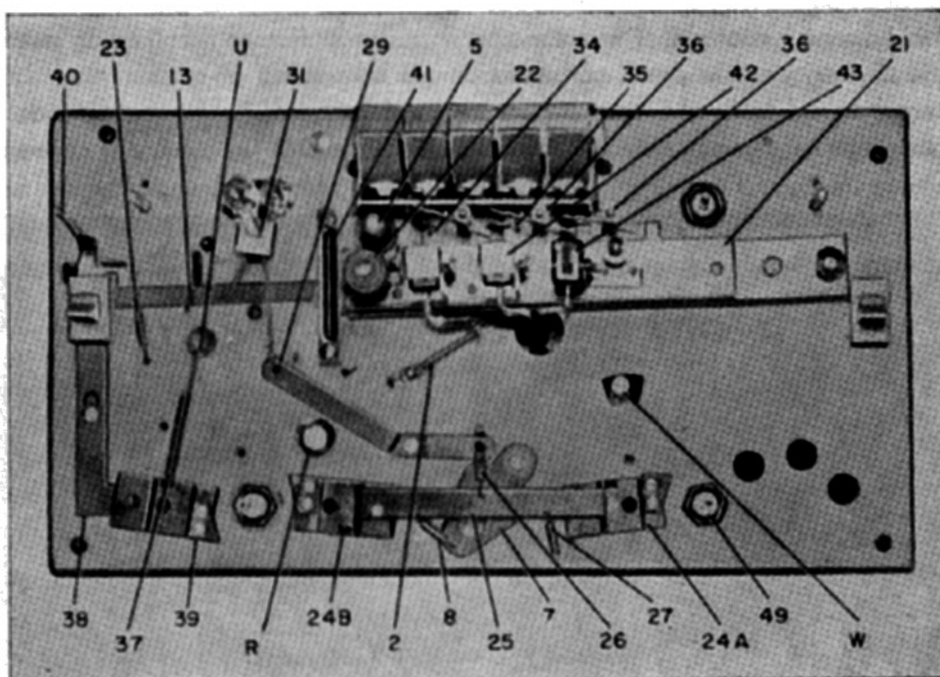


Fig. 13.8. - Vista sopra il pannello dei ruotismi del magnetofono di fig. 13.7.

RUOTISMI DI TRAZIONE

Il movimento o il riposo dei *ruotismi di trazione del nastro* è determinato dalla posizione in cui si trova la loro *ruota libera* di trazione, con cerchio di gomma (1). Tale ruota libera visibile in fig. 13.9, gira intorno al proprio asse, il quale poggia su un supporto eccentrico, e può trovarsi in due posizioni, distanti tra di loro di tre millimetri.

Quando i ruotismi sono in movimento, la molla (2) visibile in fig. 13.8 in quanto si trova sopra il pannello, costringe la ruota libera (1), fig. 13.9, ad aderire al *rocchetto motore* (3) e al pesante *volano* (4). In tal modo il movimento del rocchetto-motore presente sull'asse del motore elettrico, viene trasferito ai ruotismi.

Il *rocchetto motore* è tratteggiato, essendo presente quando il pannello è a posto, dato che appartiene al motore elettrico, non indicato in figura.

Quando il nastro è fermo, una leva costringe la ruota libera (1) nell'altra posizione del proprio supporto; in questa seconda posizione essa non è in contatto con il rocchetto-motore (3) e il volano (4).

Il volano è provvisto di un asse, il quale sporge sopra il pannello e porta il rocchetto di trazione del nastro (5).

Il rocchetto di trazione (5) è visibile in figura 13.8; si trova dietro i tasti, all'uscita della testina di registrazione. Durante la corsa del nastro, il *rollino gommato di pressione* (22) a rotazione libera preme contro il rocchetto di trazione (5). Tra il rocchetto e il rollino è presente il nastro, al quale viene comunicato il movimento di corsa.

Non appena i ruotismi si arrestano, e il nastro si ferma, il rollino si stacca dal rocchetto di trazione; ciò per il comando di una leva sopra di esso.

Premendo sul tasto che comanda la corsa del nastro, l'abbassamento del tasto stesso determina il movimento dell'asticciola metallica (28) fig. 13.9 e il conseguente

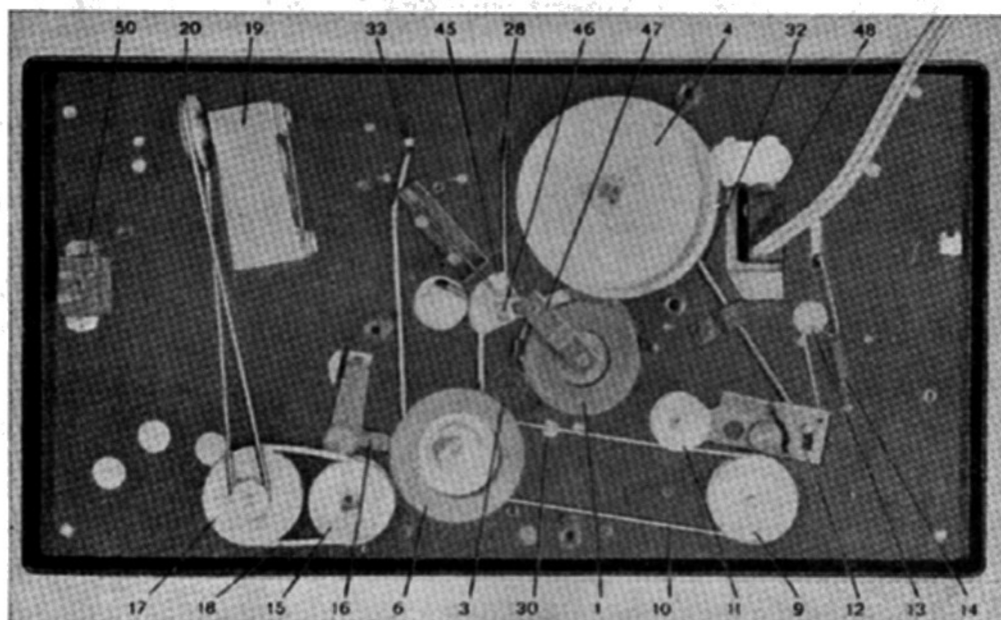


Fig. 13.9. - Vista sotto il pannello dei ruotismi del magnetofono di fig. 13.7.

richiamo del freno collegato all'estremità opposta dell'asticciola (28). La ruota libera (1) è allora sotto l'azione della molla (2), e va ad inserirsi tra il rocchetto motore (3), — il quale è sempre in rotazione, — e il volano (4).

Se, invece, la pressione viene esercitata sul tasto che comanda l'arresto della corsa, oppure su quello che comanda il riavvolgimento, il tasto precedente viene liberato e ritorna in posizione di riposo, trascinando indietro l'asticciola (28) con conseguente distacco della ruota libera (1).

RUOTISMI DI AVVOLGIMENTO

La bobina sulla quale il nastro viene avvolto durante la registrazione e durante l'ascolto, è quella di destra. Essa è collocata sul *piattello portabobina*, il quale la fa ruotare in senso opposto alle lancette dell'orologio.

Il piattello portabobina, che non si vede in fig. 13.8, è azionato da una puleggia sottostante (9), visibile in fig. 13.9. Tale puleggia di avvolgimento è collegata con una cinghia (10) alla puleggia della ruota libera di avvolgimento e riavvolgimento (6). È provvista di cerchione di gomma.

Questa seconda ruota libera (6) è simile a quella dei ruotismi di trazione (1). Anch'essa gira liberamente intorno al proprio asse, il quale poggia su un supporto eccentrico, in modo da consentire di muoversi in due posizioni, ossia in contatto con il rocchetto motore (3) oppure lontano da esso.

Quando il nastro è in corsa normale, per la registrazione o l'ascolto, tanto la ruota libera (1) quanto la ruota libera (6), sono in contatto con il rocchetto motore (3).

Quando il tasto di avvolgimento viene abbassato, la bobina di avvolgimento entra immediatamente in rotazione. Ciò avviene perchè un sistema di leve, comandato dal tasto mentre viene abbassato, costringe la ruota libera (6) ad aderire al rocchetto motore (3).

Quando non vi è avvolgimento del nastro, una molla (8), fig. 13.8, tiene staccata dalla ruota libera (6) il rocchetto motore (3). Non appena viene abbassato il tasto di avvolgimento, il tasto stesso agisce sulla leva (7) tramite una articolazione; la leva (7) toglie la ruota libera (6) dall'azione della molla, e la fa aderire al rocchetto motore. Nello stesso tempo un'altra leva, (12), azionata dall'asticciola (32), tramite l'attuatore (13) e la molla (14) mette in tensione la cinghia (10). La puleggia (9), sottostante il piattello portabobina d'avvolgimento, entra in tal modo in rotazione.

Lo stesso meccanismo entra in azione anche quando vengono abbassati altri due tasti, quello di registrazione e quello di ascolto.

Tanto l'uno quanto l'altro, mettono in movimento i due sistemi di leva sopra citati, con la conseguenza di mettere in azione i ruotismi di avvolgimento. I due tasti di registrazione e di ascolto differiscono da quello di avvolgimento solo nei contatti elettrici.

RUOTISMI DI RIAVVOLGIMENTO

La bobina sulla quale il nastro viene riavvolto è quella di sinistra. Essa è collocata su un piattello con perno al centro, il quale è azionato dalla *puleggia di riavvolgimento* (17), posta sotto il pannello, e visibile in fig. 13.9.

La puleggia di riavvolgimento (17) è collegata con una cinghia (18) alla puleggia della ruota di riavvolgimento (15). In figura, la cinghia di riavvolgimento (18) non è sotto tensione.

Nella posizione RIAVVOLGIMENTO, il piattello portabobina di sinistra ruota velocemente in senso orario. Nello stesso tempo, la bobina di avvolgimento è libera di muoversi, e il nastro può passare da essa a quella di riavvolgimento. Una leggera azione frenante è esercitata sulla bobina di avvolgimento, affinchè non assuma una velocità eccessiva, sotto l'azione trainante del nastro, con conseguente aggrovigliamento del nastro stesso.

Al centro dei ruotismi di riavvolgimento si trova la *ruota motrice di riavvol-*

gimento (15). Essa è sistemata su una estremità del *braccio di leva di riavvolgimento* (16), il quale può assumere due diverse posizioni, per effetto del comando dell'asticciola (33), collegata al tasto di riavvolgimento.

Quando il tasto di riavvolgimento viene abbassato, esso aziona l'asticciola di comando (33), la quale a sua volta sposta il braccio della leva (16). Lo spostamento del braccio di leva (16) determina l'analogo spostamento della ruota motrice di riavvolgimento (15). Tale spostamento mette in tensione la cinghia (18) e nello stesso tempo fa aderire la ruota motrice (15) alla ruota libera (6), azionata dal rocchetto motore (3).

Poichè in queste condizioni la cinghia (18) è sotto tensione, essa fa ruotare la puleggia di riavvolgimento (17), collegata sotto il piattello portabobina di riavvolgimento. La cinghia (10) è invece lasca, e non trasmette il movimento alla puleggia (9) sottostante il piattello della bobina di avvolgimento.

A mano a mano che il nastro si riavvolge nella bobina di sinistra, l'indice del contagiri segna-tempo si sposta anch'esso verso sinistra. Il meccanismo del contagiri (19) è azionato da una cinghia, la quale collega la puleggia (20) del contagiri alla puleggia (17) del ruotismo di riavvolgimento.

Esempio di complesso meccanico di magnetofono.

Un esempio di complesso meccanico di magnetofono di medio costo, è illustrato dalle figg. 13.10, 13.11 e 13.12.

Esso consiste di due pannelli, uno superiore e l'altro inferiore, sottostante al primo. Sul pannello superiore sono collocati i ruotismi di avvolgimento e riavvolgimento del nastro, con i relativi comandi di tipo meccanico, nonchè le testine magnetiche. Sul pannello inferiore sono collocati il motore elettrico, la ruota libera per il trasferimento dell'energia meccanica ai ruotismi, e il trasformatore di tensione, per il complesso elettrico.

IL COMANDO A TASTIERA

I comandi principali sono ottenuti con cinque tasti, visibili in fig. 13.10. Da sinistra verso destra essi sono: riavvolgimento, registrazione, fermo, ascolto, avvolgimento rapido.

Nella parte superiore della figura si vedono i tasti a posto, e, dietro di essi, la custodia metallica sotto la quale si trovano le testine magnetiche, gli organi di trazione e alcune leve di comando.

Nella parte centrale della figura, è disegnato lo stesso pannello, al quale sono stati tolti i tasti e la custodia metallica. Infine, nella parte inferiore è disegnato l'insieme dei tasti con le armature che li trattengono quando vengono abbassati, e li liberano quando devono ritornare in posizione di riposo.

Alla base della figura è disegnata l'armatura (44) che trattiene i tasti (13) sotto l'azione della molla (45). Un'altra armatura (12) trattiene i tasti in posizione di riposo. Anche le quattro mollette (114) hanno lo stesso scopo.

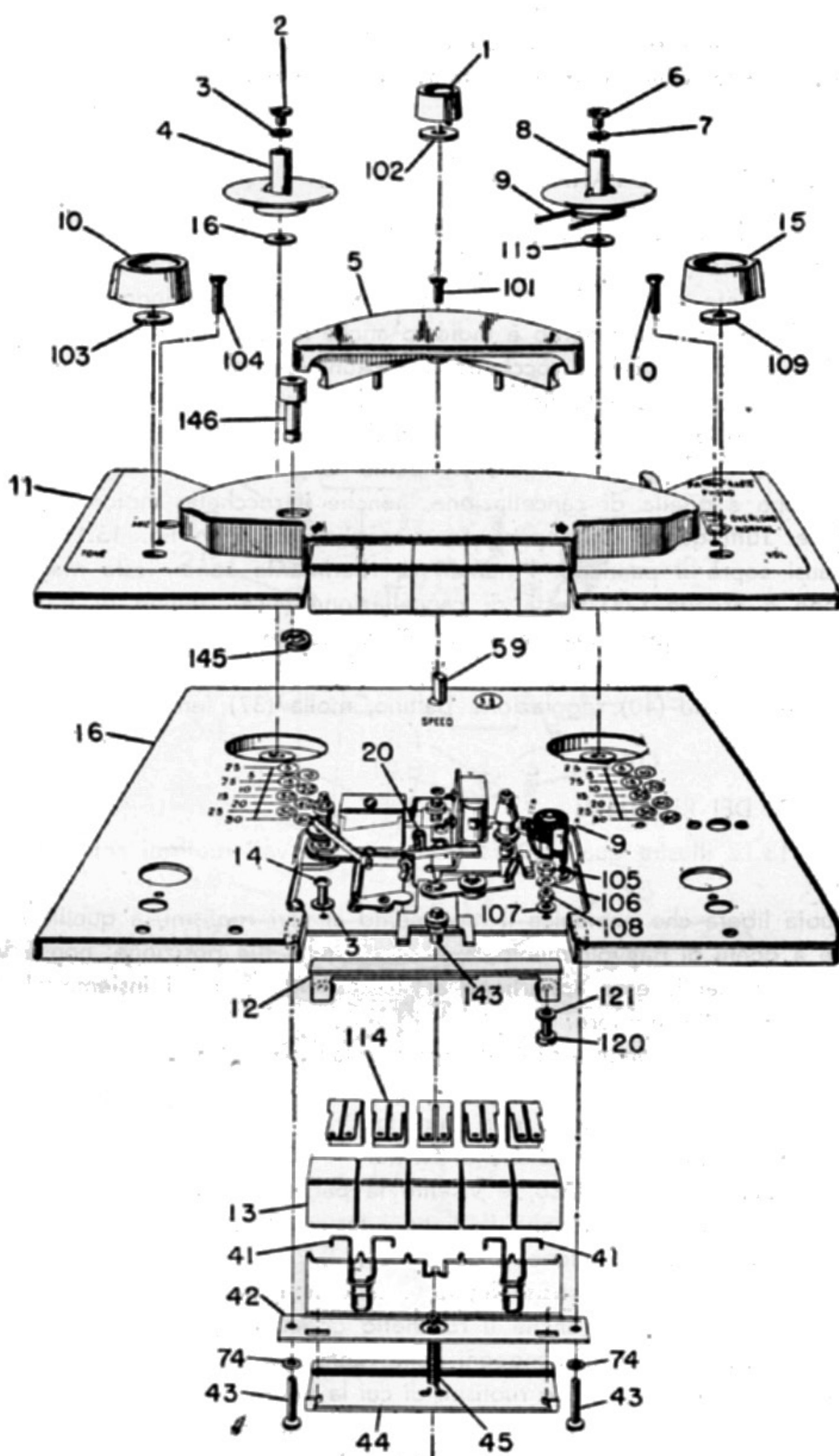


Fig. 13.10. - Pannello superiore di magnetofono con cinque tasti di comando.

Il pulsante (146) è collegato con una articolazione al tasto di registrazione. Il tasto è trattenuto, e non può venir abbassato, se prima non viene abbassato tale pulsante.

COMPONENTI SOPRA IL PANNELLO

Le bobine di nastro non sono indicate in fig. 13.10. Esse vanno collocate sopra i piattelli con perno (4 e 8). Il piattello della bobina di avvolgimento è provvisto di puleggia sottostante con cinghia (9).Tale cinghia collega la puleggia con il perno del volano di trazione. Tale perno è indicato anche nella parte centrale della figura, nella quale è meglio visibile il rocchetto di trazione del nastro.

Nella parte.superiore della figura si notano le manopole del controllo di volume (15) e di tono (10) e la manopola del cambio di velocità (1).

Nella parte centrale della figura si notano le due testine magnetiche, quella di registrazione e quella di cancellazione, nonchè il rocchetto motore e il rollino di pressione. Tutti questi componenti sono meglio visibili in fig. 13.11 in quanto sono espansi sopra il pannello. I numeri di riferimento sono: testa magnetica di registrazione e ascolto (24), testa di cancellazione (113), rollino di trazione del nastro (63), rollino di pressione del nastro (27), rocchetto guida-nastro (23) destra, rocchetto guida-nastro (18) sinistra, pattino (33 e 39) per pressione del nastro contro le testine, vite (40) regolazione pattino, molla (37) tensione testina di cancellazione.

COMPONENTI DEI RUOTISMI

La fig. 13.12 illustra quale sia la posizione dei vari ruotismi sotto il pannello superiore.

La ruota libera che comunica il movimento ai vari ruotismi, a quelli di avvolgimento e a quelli di riavvolgimento, a seconda della sua posizione, non è visibile tra questi componenti; essa appartiene ai componenti collocati insieme al motore elettrico, sul pannello inferiore.

In fig. 13.12 sono bene visibili il grosso volano (67) e i dischi (69) sottostanti i piattelli portabobine; su questi dischi si esercita, mediante freni, leve e molle (47, 65 e 66), l'azione frenante per l'arresto immediato delle bobine di nastro, quando viene comandata la posizione di fermo.

Nella stessa figura, in basso, è visibile la parte sottostante il commutatore a tastiera, costituita dall'armatura che trattiene i tasti abbassati (44), dalla molla (45) che tale armatura tiene in tensione, e dal freno (42).

Sono pure visibili, nella stessa figura, alcune leve per il comando della ruota libera (64 e 65). Si vedono anche il rocchetto gommato (56), la puleggia (60) e la cinghia (61) appartenenti ai congegni della ruota libera.

La fig. 13.13 illustra gli stessi ruotismi di cui la figura precedente, in un disegno in cui i vari componenti sono espansi. Oltre al volano (67), ai dischi (69), alla puleggia (60) della ruota libera, e al rocchetto gommato (56) della stessa, si possono

osservare le diverse leve di comando per il movimento e per l'arresto dei ruotismi. Con il n° (63) è indicato l'asse del volano (67), che porta dal lato opposto, il rocchetto di trazione del nastro.

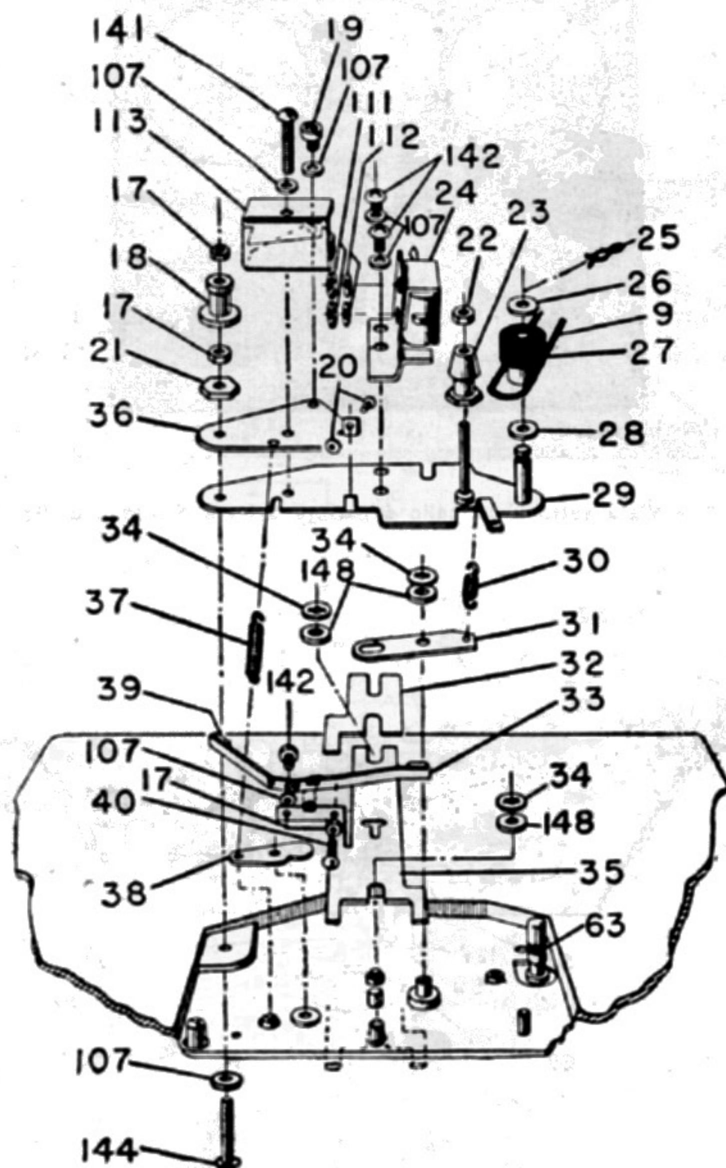


Fig. 13.11. - Componenti espansi della parte centrale della fig. 13.10.

La molla (50) inserisce, tramite il braccio di leva (64), la ruota libera tra il rocchetto-motore e il volano (67) quando viene comandato l'avvolgimento del nastro per la registrazione e l'ascolto. La puleggia (26) appartiene alla ruota libera.

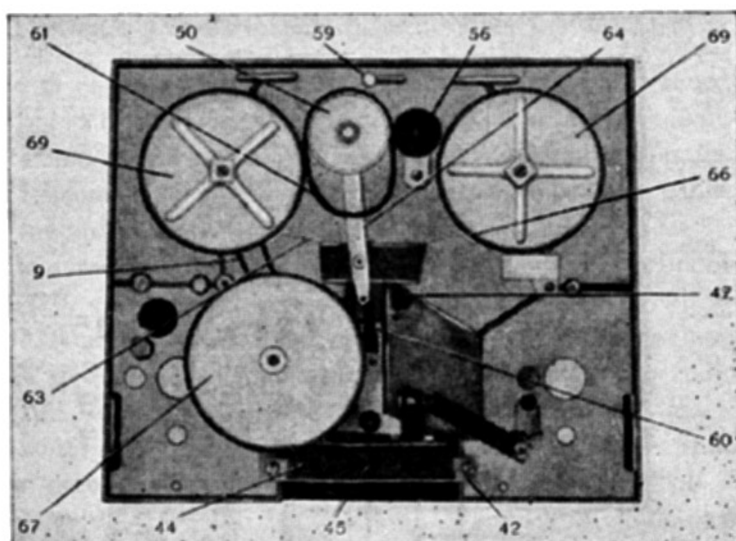


Fig. 13.12. - Vista sotto il pannello superiore del magnetofono di fig. 13.10.

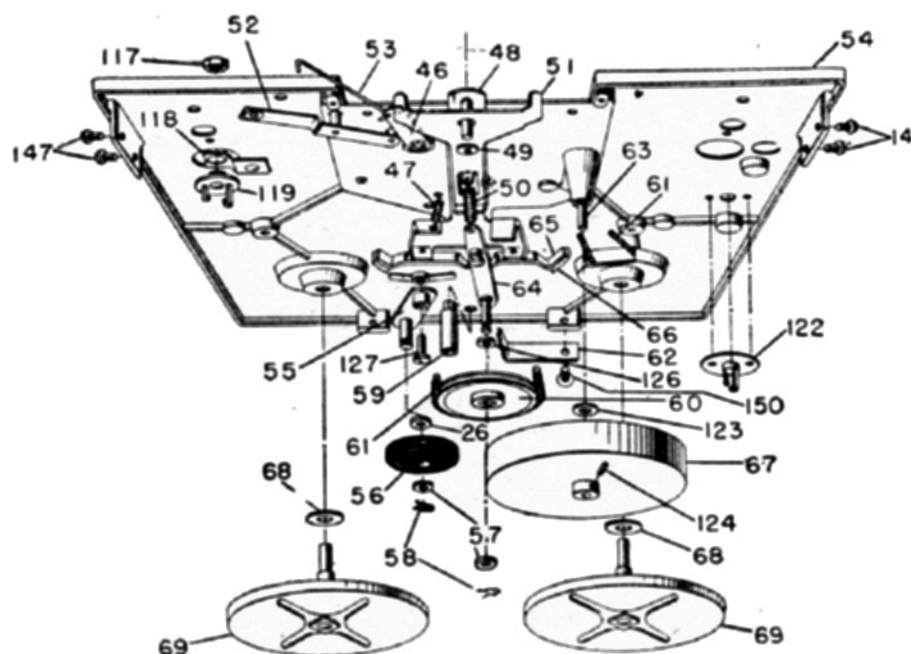


Fig. 13.13. - Componenti espansi della fig. 13.12.

MOTORE E RUOTA LIBERA

Le figg. 13.14 e 13.15 illustrano i componenti del pannello inferiore. La fig. 13.14 indica, in forma espansa, quali siano i componenti sopra il pannello. Essi sono: il rocchetto motore (96) e la ruota libera (72). Essa può muoversi lungo la guida (92), sollecitata dalle due molle (93 e 94), sotto il comando di alcune leve, una delle

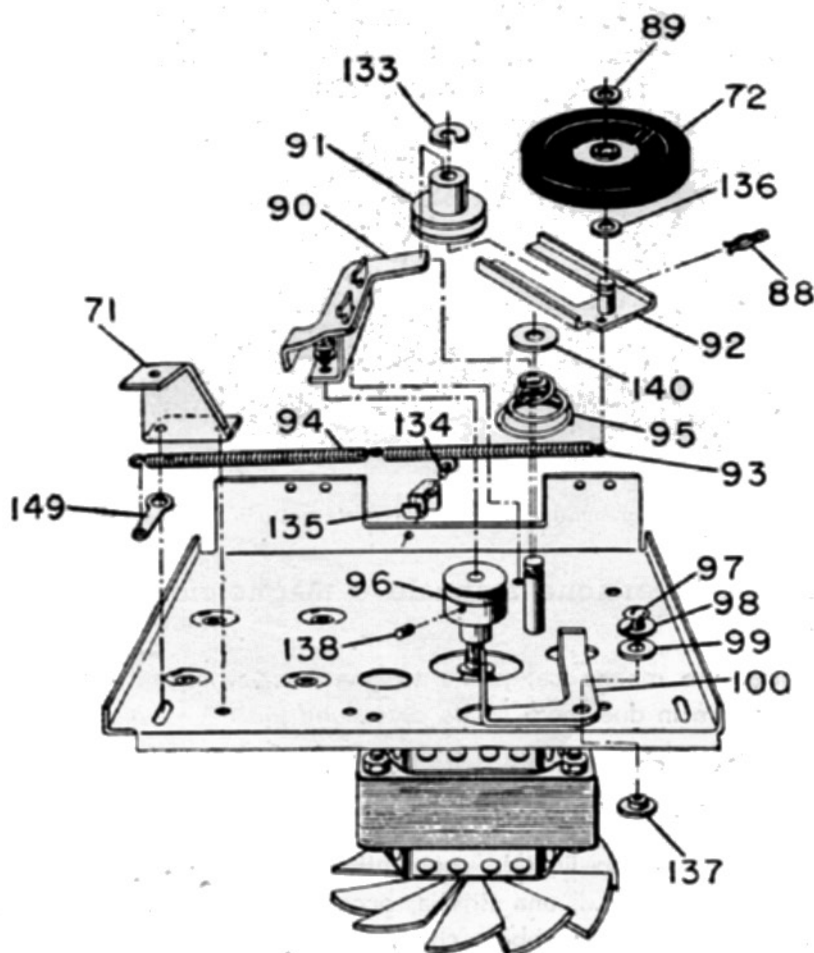


Fig. 13.14. - Componenti espansi del pannello inferiore del magnetofono di fig. 13.12. (Vista sopra il pannello).

quali è la (100), messa in azione, tramite altre leve, dal tasto di fermo. La molla (95) sostiene la ruota libera, quando è impegnata con i ruotismi del pannello superiore.

La parte sottostante del pannello inferiore è visibile in fig. 13.15. Ad essa è fissato il motore elettrico (80), sotto il quale girano le alette (84) per la ventilazione. Il rocchetto motore è visibile solo in parte, così pure la ruota libera. Il trasformatore di tensione è indicato con (130).

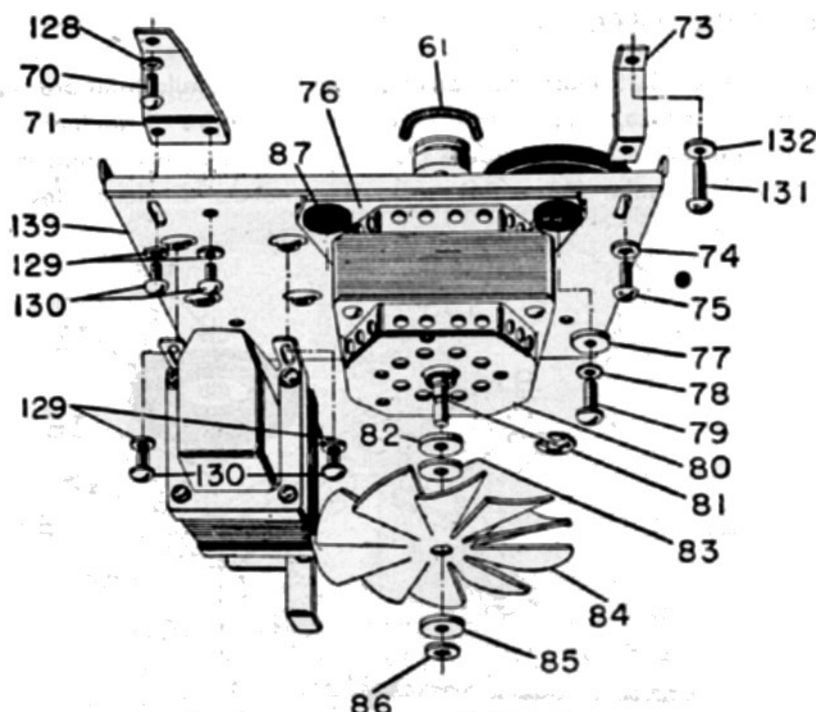


Fig. 13.15. - Componenti espansi della parte sotto il pannello di fig. 13.14.

Magnetofoni a inversione manuale e magnetofoni a inversione automatica.

La registrazione magnetica, prima su una traccia, e poi sull'altra traccia del nastro, può avvenire in due modi molto diversi tra loro:

a) con l'inversione manuale delle bobine,

b) con l'inversione automatica del senso del nastro.

I magnetofoni di costo limitato sono tutti ad inversione manuale delle bobine. Giunto il nastro al termine di una striscia, occorre provvedere a scambiare di posto le due bobine, collocando la bobina che si è riempita di nastro (quella di destra), al posto di quella che si è svuotata (quella di sinistra). In tal modo, la traccia magnetica non registrata prende il posto di quella registrata, e la registrazione può continuare.

La prima traccia registrata non subisce alcuna variazione durante la registrazione nella seconda traccia, in quanto essa non passa sulla fenditura delle due testine magnetiche.

La necessità di dover capovolgere o sostituire una bobina con l'altra costituisce un inconveniente piuttosto notevole, in quanto non consente l'intera registrazione di un discorso o di un programma di lunga durata, salvo la perdita di quella parte del discorso o del programma svoltosi durante il tempo necessario per provvedere alla inversione delle bobine.

I magnetofoni di costo più elevato, non rendono necessaria l'inversione manuale delle bobine. Esse rimangono al loro posto; viene solo invertito il senso di corsa del nastro. Una delle due tracce viene registrata mentre il nastro corre da sinistra



Fig. 13.16. - Esempio di magnetofono con comandi principali e di movimento a tasti, e con inversione automatica della corsa del nastro.

a destra; l'altra traccia viene registrata mentre il nastro corre in senso opposto, da destra a sinistra.

Il nastro finisce con una coda metallica. Quando la bobina di sinistra è vuota, appare la coda metallica. Essa chiude il circuito di alimentazione di un relè; il relè agisce sui ruotismi, determinandone l'inversione del movimento. Istantaneamente il nastro cambia senso di corsa, riavvolgendosi sulla bobina di sinistra dalla quale si era svolto.

I magnetofoni che richiedono l'inversione manuale delle bobine, sono a senso unico; la registrazione e l'ascolto possono avvenire solo quando il nastro corre da sinistra verso destra.

I magnetofoni a inversione automatica del senso di corsa del nastro sono a due sensi; la registrazione e l'ascolto possono avvenire tanto con il nastro in corsa da sinistra a destra, quanto con il nastro in corsa da destra verso sinistra.

La stessa cosa avviene anche per il riavvolgimento.

DUE COPPIE DI TESTINE

I magnetofoni con l'inversione automatica del senso di corsa del nastro sono provvisti di due coppie di testine.

La testina di cancellazione deve sempre precedere quella di registrazione;

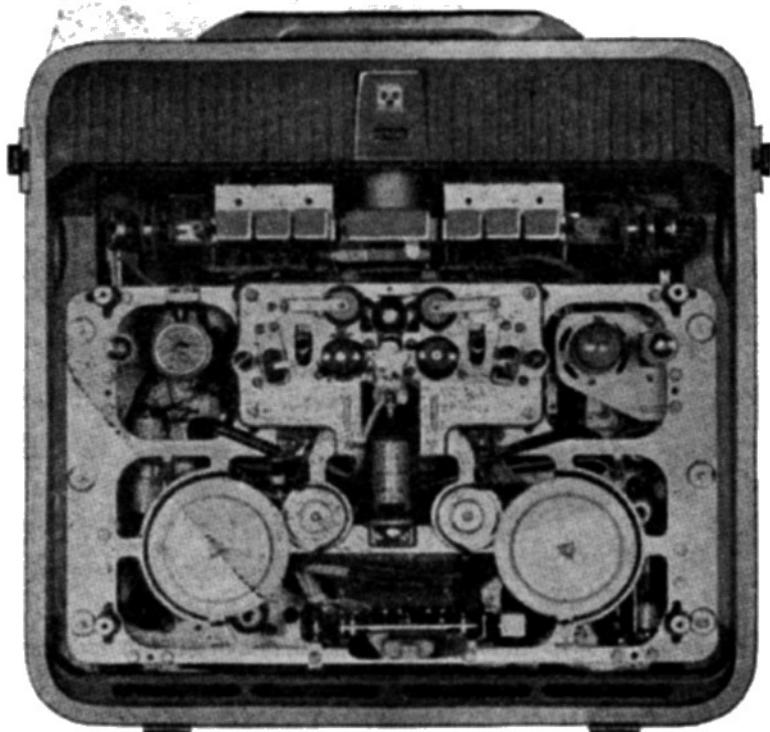


Fig. 13.17. - Vista sotto il magnetofono a inversione automatica di fig. 13.16.

quando il nastro inverte il senso di corsa, la testina di cancellazione deve trovarsi all'altro lato, rispetto quella di registrazione.

È necessaria anche una seconda testina di registrazione, posta in corrispondenza della seconda traccia del nastro.

I magnetofoni a inversione automatica sono perciò provvisti di due coppie di testine: una coppia al livello della traccia sottostante, e l'altra coppia al livello della traccia soprastante del nastro.

DUE RUOTISMI DI AVVOLGIMENTO E DI TRAZIONE

Il rollino di trazione del nastro deve trovarsi sempre dopo la testina di registrazione. Alla inversione di corsa del nastro, deve corrispondere l'inversione del rollino di trazione. Ciascuna coppia di bobine è perciò provvista del proprio rollino di trazione del nastro.

Ciascun rollino di trazione è provvisto del proprio volano sottostante. Ne risulta che i magnetofoni ad inversione automatica oltre ad essere provvisti di due coppie di testine, sono anche provvisti di *due ruotismi di avvolgimento* e *di trazione* del nastro, identici tra di loro.

Mentre i magnetofoni ad inversione manuale possiedono una bobina di avvolgimento, con il relativo rollino di trazione, a movimento molto preciso, assicurato da un pesante volano, i magnetofoni a inversione automatica possiedono due bobine di avvolgimento, ciascuna delle quali agisce alternativamente da bobina di avvolgimento o da bobina di svolgimento.

È per questa ragione che i magnetofoni a inversione automatica sono di dimensioni maggiori di quelli a inversione manuale, di costruzione più complessa e di costo più elevato.

MAGNETOFONI A DUE MOTORI

In alcuni magnetofoni a inversione automatica, l'avvolgimento del nastro sulla bobina di destra è affidato ad un motore elettrico; l'avvolgimento sulla bobina di sinistra è affidato ad un secondo motore.

Lo stesso nastro, giunto a fine corsa, comanda, con la sua coda metallica, l'istantaneo arresto di un motore e relativi ruotismi, e l'avvio, in senso opposto, dell'altro motore e relativi ruotismi.

Magnetofoni a due motori sono costruiti particolarmente negli Stati Uniti. In Europa sono generalmente in uso magnetofoni a un solo motore, a inversione di marcia.

IL COMMUTATORE DI REGISTRAZIONE

Tutti i magnetofoni ad inversione automatica sono provvisti di un commutatore automatico, comandato da un relè al quale è affidato il compito di inserire in circuito quella delle due coppie di testine che corrisponde al senso di corsa del nastro.

La fig. 13.18 illustra le due coppie di testine di un magnetofono a inversione automatica (Grundig).

La testina di registrazione ascolto n° 1, preceduta dalla propria testina di cancellazione, è inserita quando il nastro corre da sinistra verso destra (in figura dall'alto verso il basso. L'altra coppia di testine, n° 2, è inserita automaticamente non appena il nastro inverte il senso di corsa.

In figura, il commutatore automatico è a tre vie e due posizioni (*B1* e *B2*).

Nella stessa figura è indicata anche una parte del commutatore manuale, a tasti, in posizione registrazione.

È inserita la prima coppia di testine, disegnata in alto. La testina di registrazione n° 1 è collegata all'uscita dell'amplificazione, e all'oscillatore supersonico, da un lato; dall'altro lato è collegata a massa. La testina n° 2 è staccata.

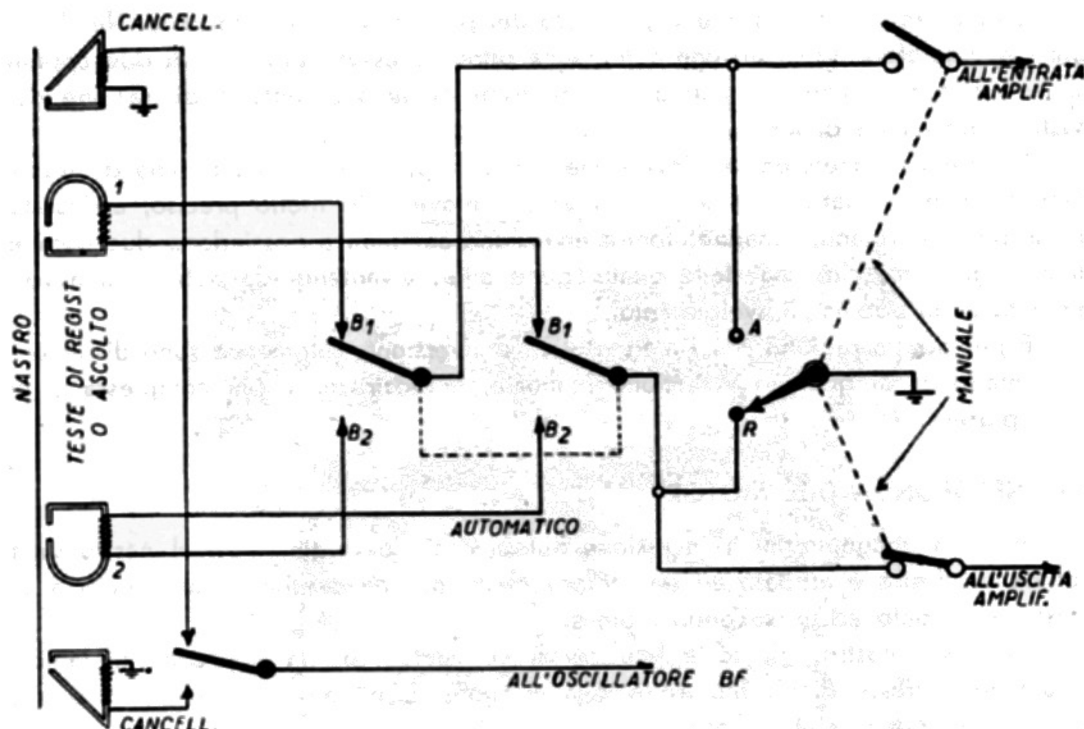


Fig. 13.18. - Schema di inversione delle due coppie di testine, relativo al magnetofono a inversione automatica di fig. 13.16.

Non appena il nastro inverte il senso di corsa, il relè richiama in basso le lamine del commutatore, in posizione B2. Risultano completamente escluse le due testine n° 1, e inserite le due testine n° 2.

Quanto sopra avviene tanto per la registrazione quanto per l'ascolto.

INVERSIONE AUTOMATICA E RIAVVOLGIMENTO

I magnetofoni a senso unico i quali richiedono il capovolgimento e l'inversione manuale delle bobine, per poter passare da una traccia all'altra del nastro, sono tutti provvisti del dispositivo di *avvolgimento rapido*.

L'avvolgimento rapido manca, invece, nei magnetofoni a due sensi, con inversione automatica, in quanto essi sono provvisti di due avvolgimenti, uno da destra a sinistra, e l'altro da sinistra a destra. I riavvolgimenti sono due poichè due sono i sensi di corsa.

L'avvolgimento rapido è sostituito da uno dei riavvolgimenti. All'avvolgimento in corrispondenza di un traccia si riferisce il riavvolgimento in corrispondenza dell'altra traccia, in funzione di avvolgimento rapido.

Il motore elettrico ad induzione dei magnetofoni.

I magnetofoni per uso privato e quelli di tipo semi-professionale sono provvisti di motore elettrico ad induzione; i magnetofoni professionali sono invece provvisti di motore sincrono.

Il motore ad induzione è bene adatto per la maggior parte dei magnetofoni, oltre che per i complessi fonografici e i radiofonografi, essendo di piccole dimensioni, compatto, leggero, robusto e di costo modesto; esso consente la trazione del nastro con velocità sufficientemente uniforme.

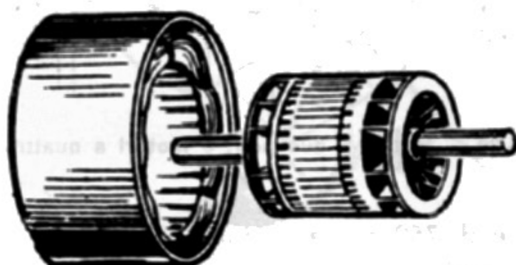


Fig. 13.19. - Motore a induzione per magnetofoni.

La velocità di rotazione del motore ad induzione, generalmente impiegato, è inferiore ai 1 500 giri al minuto. Il suo consumo è, in media, di 60 watt.

PARTI COMPONENTI E VELOCITÀ DEL MOTORE AD INDUZIONE

Il motore ad induzione consiste di una struttura magnetica fissa, lo *statore*, e di un'altra rotante, il *rotore*. La tensione elettrica della rete-luce è applicata al solo statore; nessuna tensione viene applicata al rotore.

Il motore ad induzione può venir paragonato a un trasformatore, con il primario fisso e il secondario in grado di rotare intorno al proprio asse. Lo statore consiste di un elettromagnete con i poli affacciati, tra i quali ruota il rotore. I poli dello statore possono essere due soli, come in *A* e *B* di fig. 13.20, oppure possono essere quattro, come in C. Possono anche essere sei o otto; in genere è usato lo statore a quattro poli.

Se i poli dello statore sono due soli, essi invertono la polarità 50 volte al secondo; si forma tra di essi un campo magnetico alternativo, il quale segue l'andamento della corrente alternata che percorre l'avvolgimento.

In tal caso, il rotore è costretto a compiere un giro completo intorno al proprio asse 50 volte al secondo, ossia $50 \times 60 = 3\,000$ volte al minuto; in pratica però tale velocità è minore, in quanto dipende dal carico; anche senza carico esterno,

il rotore deve vincere varie resistenze, tra cui principalmente quella d'attrito, per cui non può mai giungere alla *velocità di sincronismo*, ossia a quella del campo magnetico alternativo.

Il motore ad induzione a quattro poli ruota con velocità pari alla metà del motore a due poli, ossia inferiore alla velocità di sincronismo di 1 500 giri al minuto. La velocità di sincronismo del motore a sei poli è di 1 000 giri al minuto, e quella

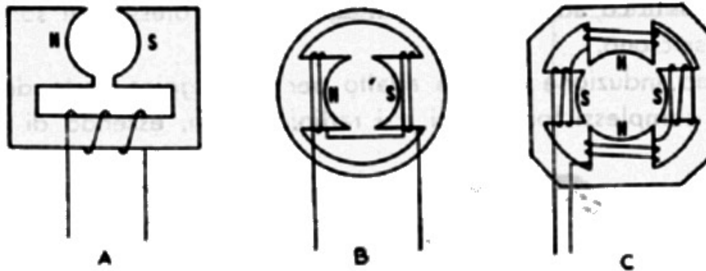


Fig. 13.20. - Motori a due poli, e motori a quattro poli.

del motore a otto poli è di 750 giri al minuto. La velocità di sincronismo dipende dalla frequenza della corrente alternata e dal numero di poli dello statore.

Generalmente usato è il motore a quattro poli, almeno nei magnetofoni, poichè quello a due poli ha un campo magnetico esterno eccessivo, e tende perciò a indurre una tensione di ronzio nella testa magnetica. Quello a quattro poli ha una frequenza di vibrazione più bassa; inoltre, essendo provvisto di un rotore di più ampie dimensioni, risulta dinamicamente meglio bilanciato, con ulteriore riduzione della vibrazione meccanica.

IL ROTORE DEL MOTORE A INDUZIONE

Il rotore del motore a induzione è simile al secondario di un trasformatore di tensione, con la differenza che esso converte l'energia elettrica in energia meccanica. Dal secondario del trasformatore di tensione si preleva una corrente elettrica, dal rotore si preleva lavoro meccanico; l'avvolgimento secondario del motore a induzione, ossia l'avvolgimento del rotore, è perciò in cortocircuito. Si può immaginare l'avvolgimento del rotore costituito da una sola spira in cortocircuito, come indicato dalla fig. 13.21.

Il campo magnetico alternato, generato dallo statore, induce nell'avvolgimento del rotore una corrente elettrica. Tale corrente è a tensione molto bassa, poichè il rotore ha una spira sola; l'intensità della corrente è invece elevata, dato il rapporto di trasformazione. La spira deve essere di filo molto grosso, ossia deve essere formata da tondino di rame; non può girare da sola; deve essere avvolta su un nucleo di ferro; ma essendo la tensione molto bassa, non è necessario sia isolata; può essere poggiata sul nucleo, senza alcun isolamento. Dato che il nucleo del rotore deve trovarsi quanto più vicino possibile a quello dello statore, la spira

deve venir « affondata » nel nucleo, collocata cioè entro una scanalatura praticata sulla superficie del nucleo.

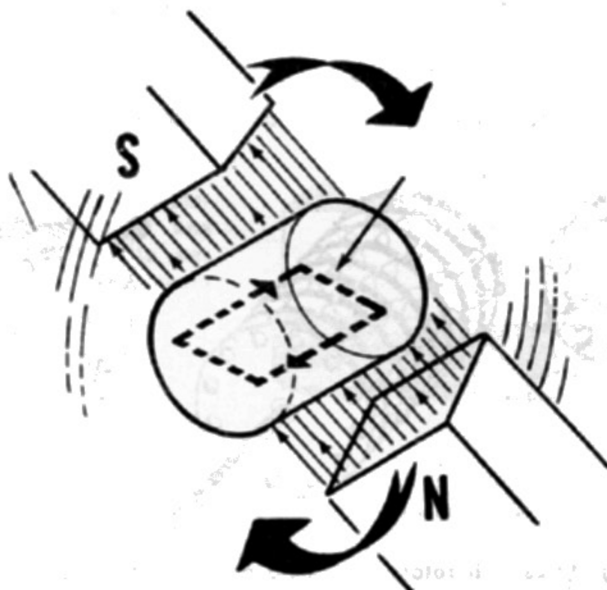


Fig. 13.21. - Principio del motore elettrico a induzione.

La corrente alternata che percorre la spira determina a sua volta un campo magnetico; vi è in tal modo il campo magnetico dello statore e il campo magnetico

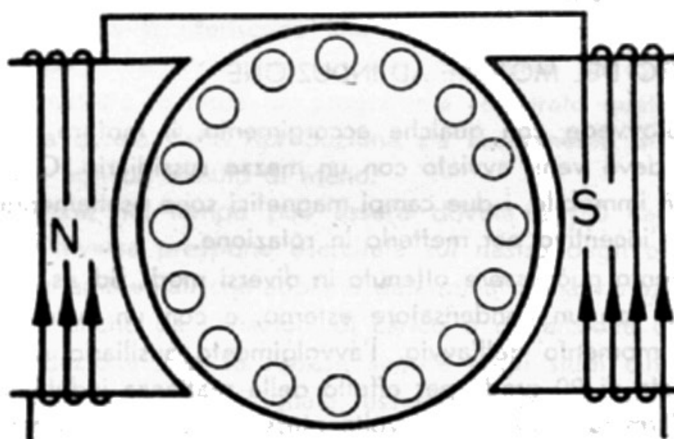


Fig. 13.22. - Statore e rotore di motore a induzione.

del rotore. I due campi magnetici si trovano in opposizione di polarità; la reazione reciproca dà luogo a una coppia motrice, la quale causa la rotazione del rotore.

L'avvolgimento del rotore consiste in pratica di un certo numero di conduttori di rame, ciascuno contenuto entro una delle scanalature praticate sulla superficie del nucleo rotante. Due anelli di rame, posti alle due estremità del rotore, mettono

in cortocircuito i vari conduttori. L'avvolgimento del rotore assume in tal modo il particolare aspetto di una « gabbia da scoiattolo ».

La fig. 13.22 illustra schematicamente il rotore di un motore d'induzione, visto in sezione trasversale.

Il nucleo di ferro è lamellare; esso consiste di un certo numero di dischi di ferro, posti uno sopra l'altro, in modo da formare un cilindro. Ciascun disco

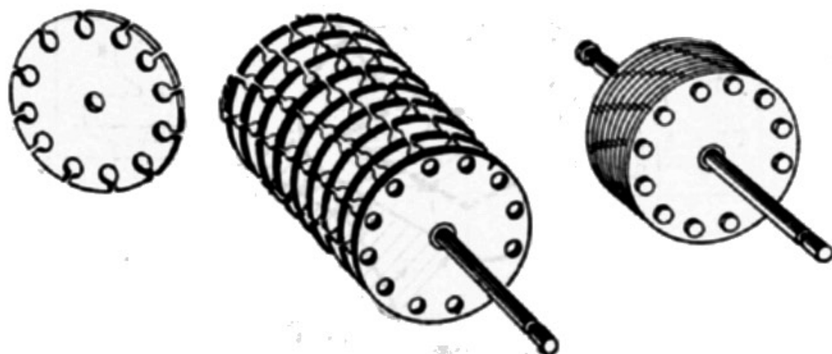


Fig. 13.23. - Il rotore è formato da un pacco di dischi.

è provvisto di un certo numero di fori, entro i quali vengono infilati i conduttori di rame dell'avvolgimento. La fig. 13.23 indica a sinistra un disco di ferro con i fori, al centro come sono disposti i dischi sull'asse, e a destra il nucleo di ferro del rotore, con i dischi riuniti insieme.

AUTOAVVIAMENTO DEL MOTORE AD INDUZIONE

Se non si provvede con qualche accorgimento, il motore ad induzione non parte da solo, e deve venir avviato con un mezzo sussidiario. Ciò avviene perchè quando il rotore è immobile, i due campi magnetici sono esattamente in opposizione di fase, e manca l'incentivo per metterlo in rotazione.

L'autoavviamento può essere ottenuto in diversi modi, ad es. con una bobina a nucleo di ferro o con un condensatore esterno, e con un avvolgimento ausiliario dello statore. Al momento dell'avvio, l'avvolgimento ausiliario risulta percorso da una corrente sfasata di 90 gradi, per effetto della reattanza induttiva o capacitativa; tale corrente determina l'avvio. Una volta messo in corsa il motore, il dispositivo di avviamento va staccato, agendo su un interruttore. Questo dispositivo è impiegato nei motori a induzione di potenza elevata.

Nei piccoli motori ad induzione, ossia in quelli usati nei magnetofoni, è in uso un altro sistema di autoavviamento, consistente nella continua presenza di un campo magnetico sfasato di un certo angolo, sufficiente per avviare il motore. Ciò si ottiene sagomando in modo opportuno i poli dello statore, e avvolgendo un anello di rame intorno a una terza parte della superficie di ciascun polo, come

indica la fig. 13.24. L'anello è percorso da corrente indotta, sfasata rispetto la corrente primaria (quella che percorre l'avvolgimento dello statore); tale corrente

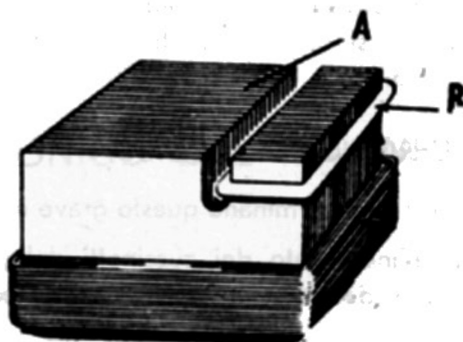


Fig. 13.24. - I poli dello statore sono provvisti di una spina in corto-circuito per consentire l'autoavviamento del motore.

indotta nell'anello crea un campo sfasato rispetto a quello dello statore, per la presenza del quale il motore può avviarsi completamente da solo, senza necessità di agire su alcun dispositivo di autoavviamento.

Le variazioni di velocità.

La corsa del nastro può subire due tipi di variazioni di velocità: *a*) variazioni nel tempo, e, *b*) variazioni istantanee.

Le variazioni di velocità nel tempo interessano quasi esclusivamente i magnetofoni professionali; esse si riferiscono alla durata complessiva della riproduzione qualche tempo dopo la registrazione. In certi casi, come ad es. quando una stazione radio deve mettere in onda un programma registrato qualche tempo prima, è necessario che la durata della riproduzione sia esattamente quella stabilita, non un minuto di più e non un minuto di meno.

Questa variazione nel tempo può essere dovuta a più cause. Ad es., può essere dovuta alla diversa pressione esercitata sul nastro dagli organi di trazione, oppure da variazioni ambientali che abbiano determinato una variazione di lunghezza dell'intero nastro, o anche da variazioni di carico o di tensione della rete-luce, se il motore è ad induzione. Per le riprese sonore negli studi cinematografici è in uso il film magnetico a 35 mm, il quale, essendo perforato, scorre a velocità costante nel tempo. Il film magnetico costa però circa 35 volte più del nastro magnetico.

Le variazioni istantanee di velocità si riscontrano frequentemente nei magnetofoni di medio e di basso costo; esse consistono in variazioni ritmiche, dovute a difetto negli organi di movimento del nastro, o in vibrazioni spurie, dovute a scivolamenti del nastro, a presenza di impurità sulle teste magnetiche, a incostante pressione dei rollini che agiscono sul nastro, ecc.

Tra le variazioni ritmiche di velocità, importante è pure quella causata dal movimento del motore elettrico; essa determina una particolare modulazione, detta

modulazione ritmica di moto. Nei magnetofoni di basso costo tale modulazione è all'incirca dello 0,5 %, mentre in quelli ad alta fedeltà è minore dello 0,2 %.

Le variazioni istantanee di velocità determinano vari disturbi, tra i quali particolarmente sgradevole è il « miagolio » o « uau », in corrispondenza a note musicali sostenute;lo si riscontra particolarmente durante esecuzioni musicali al pianoforte e all'organo.

VIBRAZIONE RITMICA DEL NASTRO

Le cause che determinano questo grave inconveniente possono essere le seguenti:

a) disallineamento dei cuscinetti del perno del volano dovuto ad eccessiva usura ovvero a deformazioni dell'asse, a seguito di qualche urto accidentale;

b) imperfezione del contagiri che non ha un movimento continuo bensì a scatti;

c) indurimento dei ruotismi dovuto o ad ingranaggio o a consumo avanzato del freno che regola la tensione del nastro;

d) eccessivo giuoco di una parte dei ruotismi con conseguente oscillazione degli assi.

CAPITOLO QUATTORDICESIMO

IL COMPLESSO ELETTRONICO DEL MAGNETOFONO

I componenti del complesso elettronico.

Per *complesso elettronico* s'intende quella parte del magnetofono che provvede a fissare nel nastro le impressioni magnetiche durante la registrazione, e che consente di ottenere da tali impressioni le voci e i suoni, durante le riproduzioni sonore. Consiste delle seguenti parti:

a) la coppia di testine magnetiche;

b) il preamplificatore;

c) l'amplificatore finale;

d) l'oscillatore supersonico;

e) il microfono e l'altoparlante;

f) il commutatore registrazione/ascolto;

g) l'indicatore di modulazione;

h) l'alimentatore.

Il *preamplificatore* e l'*amplificatore ad audiofrequenza* sono di tipo normale, e non differiscono da quelli di un comune radiofonografo o di un amplificatore di piccola potenza. Il preamplificatore è necessario dato il basso livello del segnale fornito dal microfono durante la registrazione magnetica, e dalla testa magnetica durante la riproduzione sonora. È anche necessario per compensare le perdite determinate dalla presenza dei due compensatori di frequenza, ai quali verrà accennato in seguito.

Durante la registrazione è inserito il solo preamplificatore, ed è escluso l'amplificatore finale. Ciò perchè la testina di registrazione è sprovvista di qualsiasi parte meccanica in movimento. Essa richiede soltanto una corrente molto debole, da uno a due milliampere.

Durante l'ascolto è invece necessario l'amplificatore, data la notevole intensità di corrente, da 20 a 40 milliampere, richiesta dallo stadio finale, nel quale è l'altoparlante.

SCHEMA DI PRINCIPIO.

La fig. 14.1 riporta lo schema a blocchi del complesso elettronico generalmente usato nella maggior parte dei magnetofoni d'uso generale.

La valvola finale provvede a due distinte funzioni:

a) quale amplificatrice di potenza durante la riproduzione sonora (ascolto);

b) quale oscillatrice supersonica durante la registrazione magnetica.

In numerosi magnetofoni, le valvole sono tre, anzichè due come indicate. La terza valvola è un altro doppio triodo; uno dei due triodi provvede ad un'ulteriore amplificazione nella posizione « registrazione », mentre l'altro triodo precede la valvola indicatrice di modulazione.

In figura, il complesso elettronico è in posizione di registrazione (*R*). Il microfono a cristallo, ad alta impedenza, è direttamente collegato all'entrata dell'amplifica-

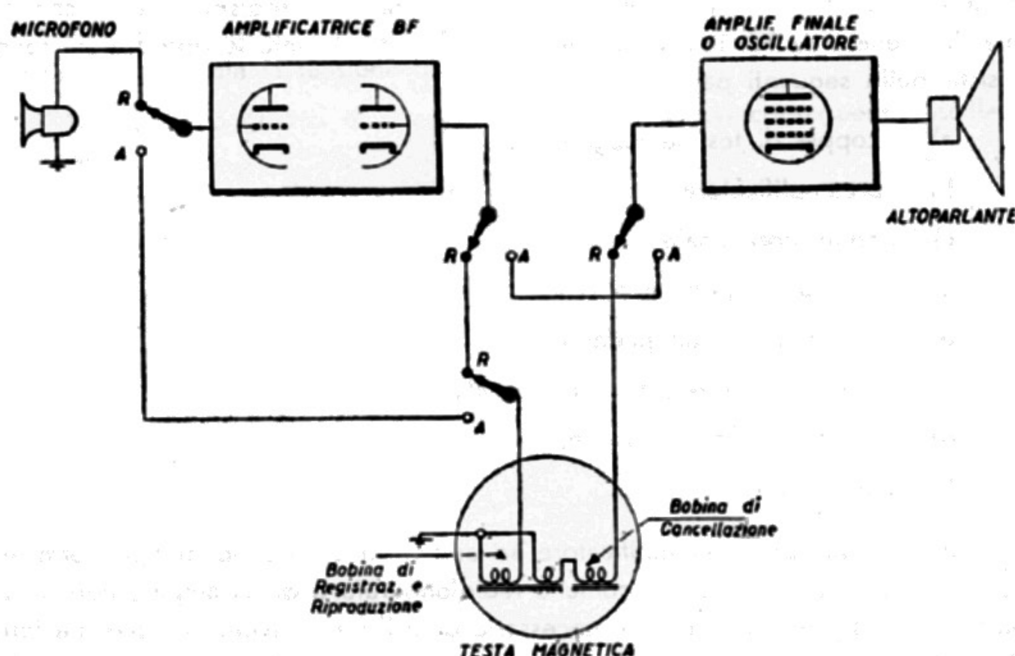


Fig. 14.1. - Schema a blocchi del complesso elettronico dei magnetofoni.

tore. L'uscita del preamplificatore è collegata, tramite un condensatore, alla testina di registrazione.

Alla testina di registrazione è collegato un avvolgimento in serie con quello della bobina di cancellazione. Una parte della tensione BF supersonica, fornita dall'oscillatore, è presente anche nella testina di registrazione e ne determina la polarizzazione magnetica.

Il nastro scorre prima sulla testina di cancellazione e poi su quella di registra-

zione. Le due testine sono racchiuse entro un'unica custodia e formano la testa magnetica di questo magnetofono.

Nella posizione di ascolto (*A*), è l'avvolgimento della testina di registrazione che è collegato all'entrata del preamplificatore, al posto del microfono. L'uscita del preamplificatore è collegata all'entrata dell'amplificatore finale.

In questa posizione, l'oscillatore BF non funziona; esso non esiste neppure, poichè un'altra sezione del commutatore, non indicata in figura, ha escluso il circuito d'oscillatore e inserito quello d'amplificatore finale.

L'AMPLIFICAZIONE BF NEI MAGNETOFONI DI TIPO MEDIO.

Un altro esempio di complesso elettronico è quello riportato a blocchi dalla fig. 14.2.

Il preamplificatore comprende due valvole ad elevata amplificazione BF. La sua

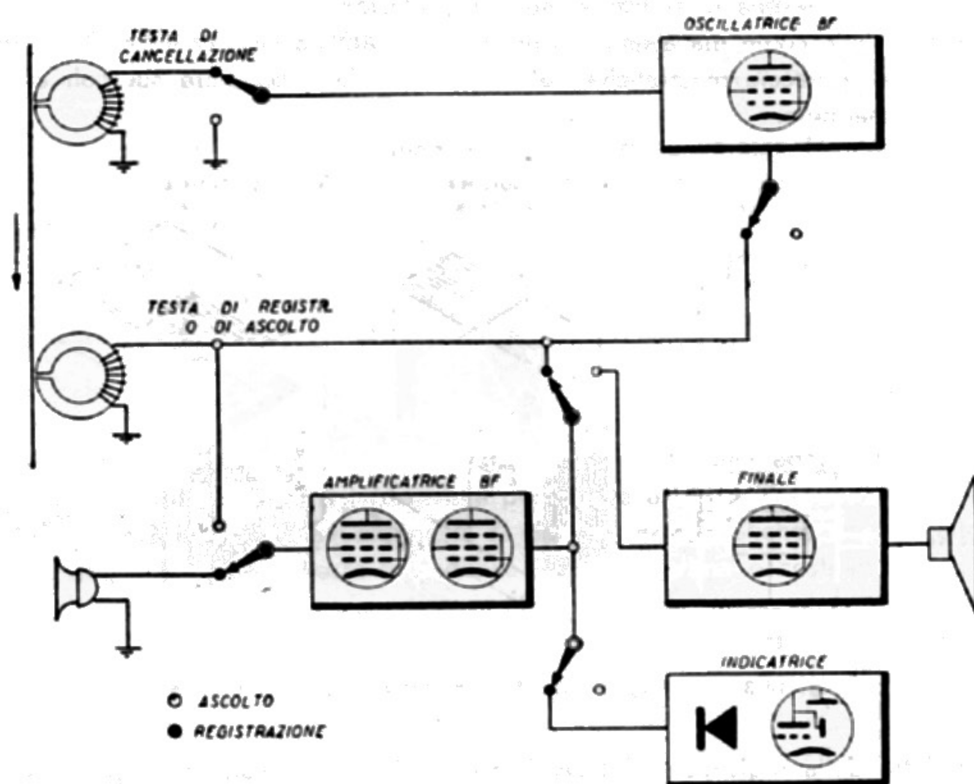


Fig. 14.2. - Schema a blocchi di magnetofono di tipo medio.

uscita è collegata alla testina di registrazione, quando il magnetofono è in posizione « registrazione » (punto nero), mentre è collegata all'entrata dell'amplificatore finale, in posizione « ascolto » (punto bianco).

L'oscillatore BF supersonico è separato dallo stadio finale; quando il magneto-

fono è in posizione di « ascolto », esso è staccato, e non vi è tensione anodica alla placca della sua valvola, la quale è però accesa, per consentire l'immediato passaggio da ascolto a registrazione.

Nella posizione « registrazione », è inserita una valvola indicatrice della profondità della modulazione. È preceduta da un diodo a germanio.

In alcuni magnetofoni, lo stadio finale comprende due valvole in controfase. È utilizzato, in tal caso, anche un doppio triodo, una metà del quale nello stadio d'oscillatore BF supersonico, e l'altra metà nello stadio d'inversione di fase, all'entrata di quello finale.

La testina di registrazione e riproduzione.

Una sola testina magnetica provvede sia alle impressioni magnetiche sul nastro, sia a ricavare da tali impressioni la tensione a bassa frequenza per la riproduzione sonora. È detta *testina di registrazione* e *riproduzione*.

È costituita, come già accennato nel capitolo XII, da un piccolo elettromagnete; una delle due traccie magnetiche del nastro vien fatta scivolare sui poli affacciati dell'elettromagnete.

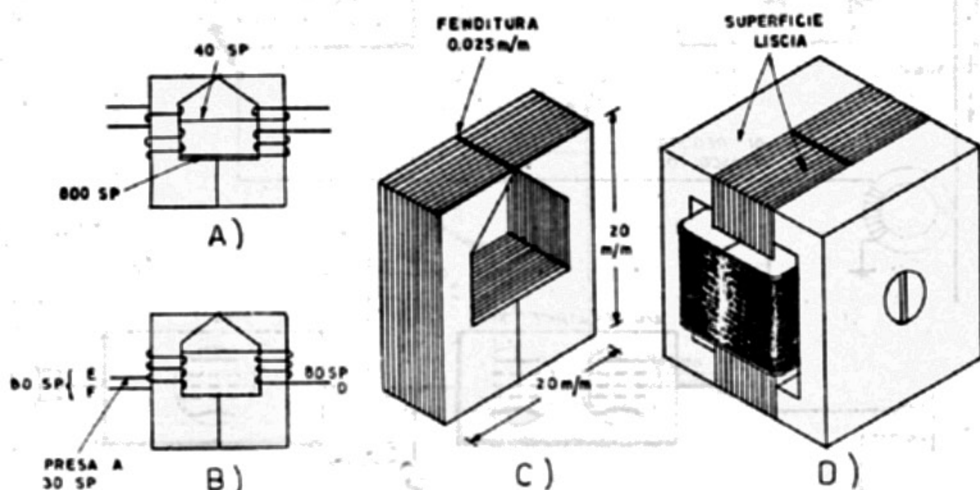


Fig. 14.3. - Dettagli costruttivi per testa magnetica da nastro.

All'atto della registrazione, l'avvolgimento dell'elettromagnete è percorso dalla corrente BF fornita dal preamplificatore; tale corrente determina corrispondenti variazioni di flusso magnetico tra i due poli dell'elettromagnete, causando così la magnetizzazione modulata del nastro magnetico. All'atto della riproduzione, ossia dell'ascolto, è la magnetizzazione del nastro in corsa che determina la presenza di una corrente BF nell'avvolgimento dell'elettromagnete.

Il nucleo della testina è formato da lamierini molto sottili, di materiale ad alta permeabilità magnetica (*Permalloy*), disposti in modo da formare un circuito ma-

gnetico interamente chiuso, ad eccezione di una sottilissima fenditura tra i poli, al centro della superficie in contatto con il nastro in corsa. Come indica la fig. 14.3, i due poli sono appuntiti, per ottenere la massima concentrazione del campo magnetico.

È necessario che la fenditura tra i due poli, l'espansione, sia ridotta al minimo allo scopo di rendere possibile la registrazione delle frequenze più alte. In media, tale fenditura è di 0,025 mm. Non è lasciata aperta, poichè i due acuti spigoli provocherebbero una eccessiva asportazione dello strato magnetico del nastro. È chiusa con ottone o con berillio.

Il nucleo di lamierini può consistere di due parti, unite strettamente. La fig. 14.3 indica le caratteristiche costruttive di una testa magnetica per registratori a nastro. Come si può notare, le dimensioni della testa magnetica sono piccole, di appena 2 centimetri.

L'elettromagnete della testa di registrazione-riproduzione è sistemato entro una piccola custodia di ferro o di acciaio, per toglierlo dall'influenza dei campi alternativi prodotti dal motore e dal trasformatore di alimentazione. La posizione della testa è scelta in modo da ridurre al minimo l'azione di tali campi, e quindi le traccie di ronzio.

I lamierini usati per le teste magnetiche sono generalmente temperati all'idrogeno, con impianti speciali. Per la costruzione dilettantistica della testa magnetica è opportuno scartare i lamierini di acciaio al silicio, e, in mancanza di meglio, adoperare quelli impiegati per la costruzione dei piccoli trasformatori da microfono.

IMPEDENZA DELLA TESTA MAGNETICA.

La testa magnetica può essere, come è noto, a bassa o ad alta impedenza. Sono a bassa impedenza le teste magnetiche dei registratori di qualità più elevata, sono ad alta impedenza tutte le altre, per il fatto che possono venir adoperate senza trasformatore d'entrata, indispensabile invece per quelle a bassa impedenza.

La fig. 14.3 indica gli avvolgimenti di due teste magnetiche, una ad alta impedenza in *A*), e l'altra a bassa impedenza in *B*). La prima è costituita da quattro bobine, due foniche di 800 spire ciascuna, filo sottilissimo, sopra le quali sono collocate le due bobine di polarizzazione, di 40 spire ciascuna. L'altra testa magnetica, quella a bassa impedenza, è provvista di due sole bobine, di 80 spire ciascuna, con una presa alla 30ma spira, filo n. 30 con doppia copertura cotone. La lettera *D* indica l'inizio dell'avvolgimento, *E* la presa e *F* la fine dell'avvolgimento. La presa *E* va collegata a massa. La fine dell'avvolgimento *F* va collegata, durante la registrazione, al secondario del trasformatore d'uscita, mentre l'inizio dell'avvolgimento va collegato all'oscillatore supersonico.

La cancellazione dal nastro.

Nei registratori a nastro, la testa magnetica di cancellazione è anch'essa costituita da un elettromagnete, con la differenza che la fenditura è più larga. Viene ali-

mentata dall'oscillatore supersonico, direttamente o tramite un amplificatore della tensione supersonica, a seconda del tipo di registratore.

L'azione della testa di cancellazione è illustrata dalla fig. 14.4. Ai capi della fenditura si formano due flussi magnetici, di polarità opposta, i quali causano una

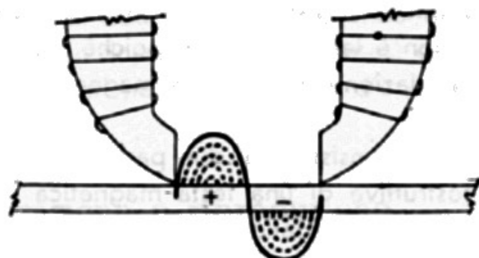


Fig. 14.4. - Flusso magnetico tra i poli della testina di cancellazione.

assenza di magnetizzazione, poichè agiscono entrambi in senso opposto, sopra i magneti-molecola, annullandosi a vicenda.

Se la frequenza da cancellare è elevata, è necessario che la fenditura sia breve, in modo da consentire ai due flussi magnetici della testa cancellante di poter agire anche sulle sottili impressioni magnetiche corrispondenti alla più elevata

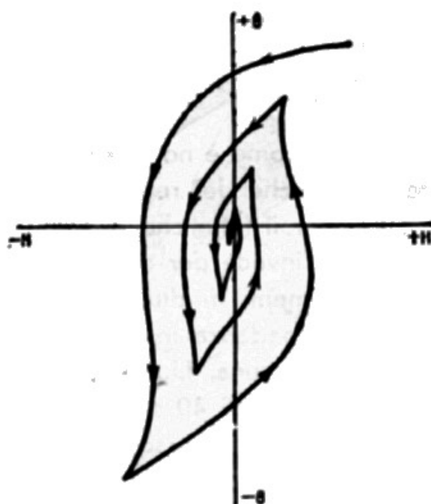


Fig. 14.5. - Riduzione ciclica delle curve d'isteresi magnetica.

frequenza sonora registrata. Però, se la fenditura è molto breve, si determina il fenomeno del *cortocircuito magnetico*, con conseguente inefficienza più o meno accentuata, della testa cancellante.

L'ampiezza della fenditura risulta perciò da un compromesso tra la più alta frequenza bene cancellabile e l'efficienza della testa cancellante. Anche la frequenza

dell'oscillatore supersonico deve essere adeguata all'ampiezza della fenditura, e quindi non può essere molto alta, come potrebbe sembrare desiderabile. Per quanto detto, l'ampiezza della fenditura è sempre maggiore di quella della testa di registrazione. La testa di cancellazione deve « scuotere » nei due sensi i magneti-molecola, mentre quella di registrazione deve solo orientarli in un dato senso.

La struttura magnetica laminata della testa di cancellazione è soggetta alle stesse perdite di quella dei trasformatori. Il nucleo magnetico può riscaldarsi. È necessario che il calore possa dissiparsi, per evitare che la vernice magnetica non abbia a trasferirsi, sia pure in minima parte, sulla testa magnetica. Qualora ciò avvenga, è opportuno evitare lunghe cancellazioni, ad es. quella dell'intero nastro, senza interruzione; è bene sospendere la cancellazione e riprenderla dopo qualche minuto.

Per ottenere una cancellazione accuratissima, è necessario che il campo magnetico ai capi della fenditura sia molto forte, anche per compensare la riduzione ciclica del campo magnetico, il quale si inverte nei due sensi, riduzione che si manifesta gradualmente, come indicano le curve d'isteresi di fig. 14.5.

I circuiti di pre- e post-compensazione dei magnetofoni.

L'intensità della registrazione magnetica non è uniforme alle varie frequenze; è abbastanza uniforme per le frequenze comprese tra 2 000 e 4 000 cicli; per le altre è insufficiente. È perciò necessario compensare questo inconveniente, super-

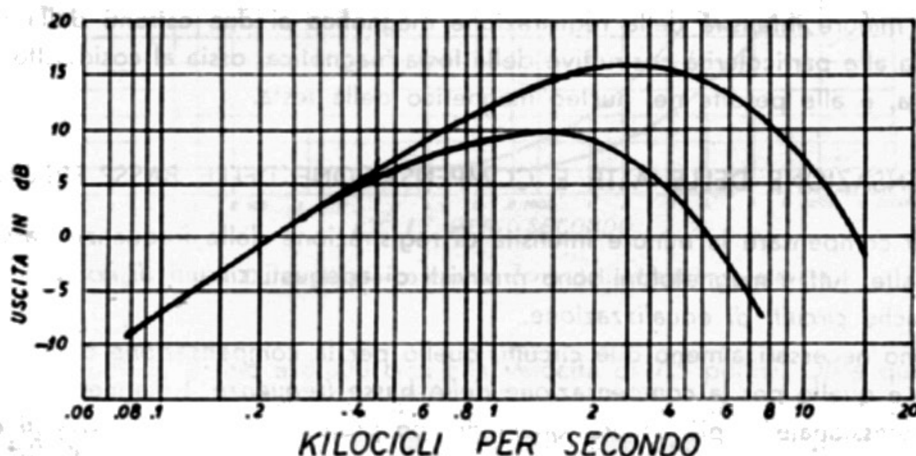


Fig. 14.6. - Registrazione magnetica alle varie frequenze. La curva in basso si riferisce alla velocità di 3,75 pollici, e quella in alto alla velocità di 7,5 pollici.

amplificando le frequenze comprese ai due estremi della gamma, ossia quelle dall'estremo inferiore sino a circa 2 000 cicli, e quelle da 4 000 cicli sino all'estremo superiore. Senza tale compensazione, la registrazione magnetica di voci, e particolarmente di suoni, risulta assai distorta.

La fig. 14.6 riporta in diagramma l'andamento della registrazione magnetica

alle varie frequenze, senza compensazione. All'entrata del magnetofono è stata applicata una tensione alternativa di ampiezza costante e di frequenza variabile, da 70 a circa 15 000 cicli; la riproduzione dal nastro di tale tensione alternativa è stata eseguita con un voltmetro a valvola, posto in sostituzione dell'altoparlante. L'andamento è espresso in decibel, con zero decibel corrispondente a 1 millivolt.

Si può notare che l'andamento della registrazione presenta un tratto rettilineo per tutte le frequenze da 70 a 1 500 cicli. A 200 cicli la tensione d'uscita è esattamente eguale al doppio di quella a 100 cicli, e così di seguito. Raddoppiando la frequenza, risulta raddoppiata anche la tensione d'uscita.

Un semplice calcolo dimostra che raddoppiando la frequenza, nel tratto rettilineo, si ottiene un aumento dell'ampiezza della tensione d'uscita corrispondente a 6 decibel, per cui se la frequenza registrata aumenta di un'ottava, ossia se viene raddoppiata, l'uscita aumenta di 6 decibel.

All'altro estremo della gamma, l'andamento è curvilineo; la diminuzione della resa d'uscita è molto più rapida, all'aumentare della frequenza di registrazione.

L'andamento della registrazione alle varie frequenze cambia al passare da una velocità all'altra del nastro. Nella stessa figura sono indicate due curve, quella ottenuta alla velocità di 3,75 pollici e quella a 7,5 pollici.

All'estremo basso della gamma non vi è differenza tra le registrazioni alle due velocità; vi è invece notevole differenza all'estremo alto della gamma. Alla velocità bassa, si giunge a mala pena a 8 000 cicli, mentre alla velocità alta si giunge a 15 000 cicli, con sufficiente resa d'uscita.

La minore intensità della registrazione magnetica ai due estremi della gamma è dovuta alle particolarità costruttive della testa magnetica, ossia al cosiddetto *effetto fenditura*, e alle perdite nel nucleo magnetico della testa.

COMPENSAZIONE DELLE ALTE E COMPENSAZIONE DELLE BASSE FREQUENZE.

Per compensare la minore intensità di registrazione delle frequenze basse e di quelle alte, tutti i magnetofoni sono provvisti di adeguati *circuiti di compensazione*, detti anche *circuiti di equalizzazione*.

Sono necessari almeno due circuiti, quello per la *compensazione delle alte frequenze* e quello per la *compensazione delle basse frequenze*. I magnetofoni di tipo semi-professionale e, più ancora, quelli di tipo professionale, sono provvisti di altri due circuiti, per compensare le variazioni dovute alle due principali velocità. In tali magnetofoni, la compensazione alle alte e alle basse frequenze prevista per una data velocità, non è più adatta per l'altra velocità, e può addirittura costituire un elemento di distorsione, per cui è necessario che il commutatore velocità agisca anche, contemporaneamente, sui circuiti di compensazione, inserendo quelli adeguati a ciascuna delle due velocità.

In pratica si è trovato che non è opportuno provvedere ad ambedue le compensazioni, quella per le frequenze alte e quella per le frequenze basse, simulta-

neamente, all'atto della registrazione, ma che è invece opportuno compensare le *alte frequenze all'atto della registrazione*, e compensare le *basse frequenze all'atto della riproduzione*.

COMPENSAZIONE DELLE FREQUENZE ALTE (PRE-COMPENSAZIONE).

Si provvede a compensare le frequenze alte all'atto della registrazione, superamplificando tali frequenze rispetto quelle del tratto centrale, comprese tra 2 000 e 4 000 cicli circa. Vengono compensate le frequenze alte poichè l'intensità delle onde sonore della voce umana e degli strumenti musicali, è minore alle frequenze alte, mentre per ottenere un buon rapporto segnale/disturbo è necessario che il segnale sia d'ampiezza quanto maggiore possibile, tanto più che i disturbi sono in gran parte localizzati proprio nella zona delle frequenze elevate.

Compensando le frequenze elevate non vi è pericolo di sovraccarico e quindi di distorsione, sia perchè l'ampiezza della tensione fonica a tali frequenze è modesta, sia perchè alle frequenze elevate si manifestano le maggiori perdite.

La fig. 14.7 indica quale sia la risposta dell'amplificatore BF di un dato magnetofono durante la registrazione, in modo da ottenere con una super-amplificazione delle frequenze elevate, la necessaria pre-compensazione. L'amplificazione è lineare dall'estremo più basso sino a 4 000 cicli, quando il nastro scorre alla velo-

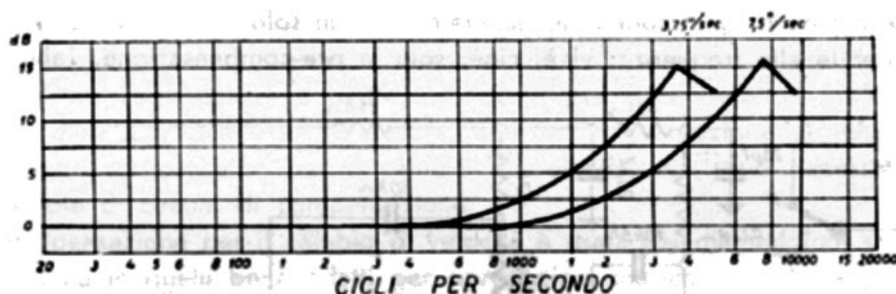


Fig. 14.7. - Curve di pre-compensazione delle frequenze elevate.

cità di 3,75 pollici, e sino a 8 000 cicli alla velocità di 7,5 pollici. Oltre questi due limiti di frequenza, l'amplificazione sale fortemente con un guadagno di circa 15 decibel. L'amplificazione massima è intorno ai 3 700 cicli per la velocità di 3,75 pollici, e intorno ai 7 500 cicli per quella di 7,5 pollici.

COMPENSAZIONE DELLE FREQUENZE BASSE (POST-COMPENSAZIONE).

La compensazione delle frequenze basse avviene all'atto della riproduzione sonora, poichè a tali frequenze l'ampiezza della tensione fonica è notevole; una superamplificazione determinerebbe una distorsione per sovraccarico. Se la compensazione delle frequenze basse avvenisse all'atto della registrazione, verrebbero amplificati

anche i disturbi dovuti ai campi magnetici del motore e dei trasformatori, con conseguente aumento del ronzio.

La fig. 14.8 indica un esempio di super-amplificazione delle frequenze basse, ossia di post-compensazione. La curva in diagramma indica l'andamento dell'amplificazione alle varie frequenze dell'intero complesso di amplificazione, ossia dell'amplificatore di tensione BF e di quello finale, quando è inserito il circuito di post-compensazione, cioè durante l'ascolto.

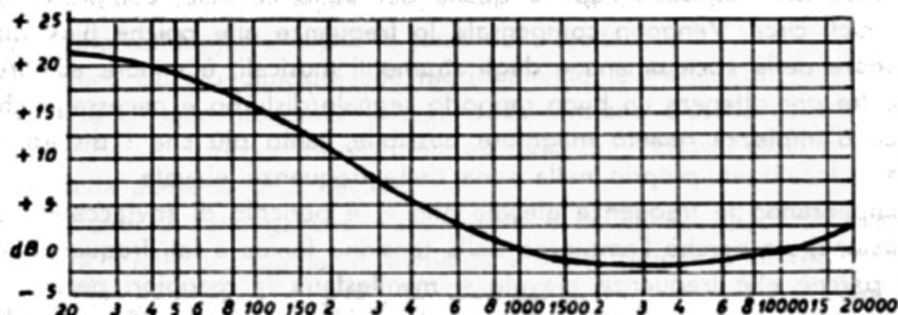


Fig. 14.8. - Amplificazione del magnetofono durante l'ascolto, con post-compensazione delle frequenze basse.

La pre-compensazione nei piccoli magnetofoni.

Nei piccoli magnetofoni vi è, generalmente, un solo circuito di compensazione, quello per le alte frequenze; vi è, cioè, solo la pre-compensazione. Tale pre-com-

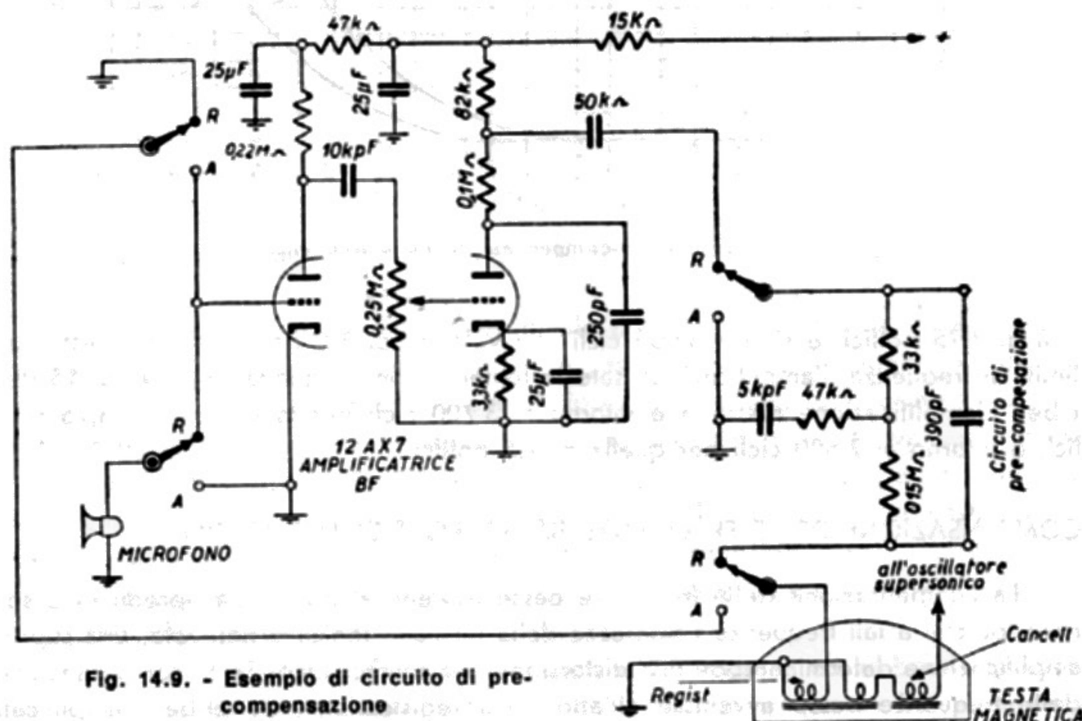


Fig. 14.9. - Esempio di circuito di pre-compensazione

pensazione è necessaria per evitare che la registrazione risulti troppo disturbata; la post-compensazione non è necessaria, poichè le frequenze basse non sarebbero bene riproducibili dall'altoparlante di piccolo diametro.

La fig. 14.9 riporta lo schema del preamplificatore di un piccolo magnetofono. Il commutatore è in posizione « registrazione ». Il microfono ad alta impedenza, a cristallo, è direttamente collegato all'entrata del primo triodo. Il controllo di volume è inserito all'entrata del secondo triodo.

Il circuito di pre-compensazione consiste di una rete di tre resistenze e di due condensatori; è presente tra l'uscita del secondo triodo e l'entrata della testa magnetica di registrazione.

In posizione « ascolto », il circuito di pre-compensazione è escluso, e l'uscita del secondo triodo è collegata all'entrata della valvola finale.

Compensazione per cambio di velocità.

La registrazione magnetica delle varie frequenze varia molto da una velocità all'altra di registrazione, per cui i circuiti di pre e post-compensazione previsti per una velocità non si adattano per l'altra; ciò rende necessaria una compensazione anche per il cambio di velocità. Il commutatore per tale compensazione è comandato dal commutatore di velocità.

Questa particolare compensazione non è richiesta per i piccoli magnetofoni, con nastro a basse velocità, generalmente di 4,7 e di 5,5 cm/sec; la variazione di velocità è piccola, e il genere di registrazione non va oltre alla voce o ai programmi radio. All'opposto, tale registrazione è molto importante per i magnetofoni professionali, provvisti in genere di due velocità elevate. Data la forte variazione di velocità non sono sufficienti compensatori per il cambio di velocità; ma sono necessarie due distinte coppie di circuiti di compensazione.

La compensazione per il cambio di velocità è usata nei magnetofoni semi-professionali, ossia in quelli bene adatti per riproduzioni musicali. Sono generalmente a due velocità: quella di 7,5 pollici, pari a 19,05 cm/sec, e quella di 15 pollici. Per evitare questa ulteriore compensazione, alcuni magnetofoni ad alta fedeltà sono provvisti di una sola velocità, quella di 7,5 pollici; ne risulta però l'inconveniente di non poter utilizzare il magnetofono per lunghe registrazioni di discorsi, essendo la durata di una traccia di nastro sufficiente per 30 minuti, salvo l'inversione automatica della corsa del nastro, e la registrazione sull'altra traccia. È per questa ragione che i magnetofoni si distinguono in due tipi: quelli a lunga durata e quelli ad alta fedeltà. L'inversione automatica risolve il problema, eliminando la necessità di due tipi di magnetofoni, ma costituisce una complicazione costruttiva non indifferente.

L'inconveniente della necessità di due compensazioni, una per ciascuna velocità, è a volte ovviato provvedendo a regolare i circuiti di compensazione su una velocità intermedia, non esistente. Ciò può risultare opportuno in magnetofoni di pretese limitate, adatti per uso privato; le velocità sono quelle di 3,75 e 7,5 pollici; la compensazione viene effettuata alla velocità di 5 pollici.

Esempio di circuiti di compensazione in magnetofono a due velocità.

I circuiti di compensazione sono molto diversi da un magnetofono all'altro; essi sono ridotti al minimo nei magnetofoni di basso costo, destinati sopra tutto alla registrazione di voci e di alcuni programmi musicali; sono invece assai complessi nei magnetofoni ad alta fedeltà, particolarmente in quelli di tipo professionale.

La fig. 14.10 illustra i circuiti di compensazione di un magnetofono a due velocità. I circuiti sono presenti all'entrata della seconda valvola amplificatrice BF.

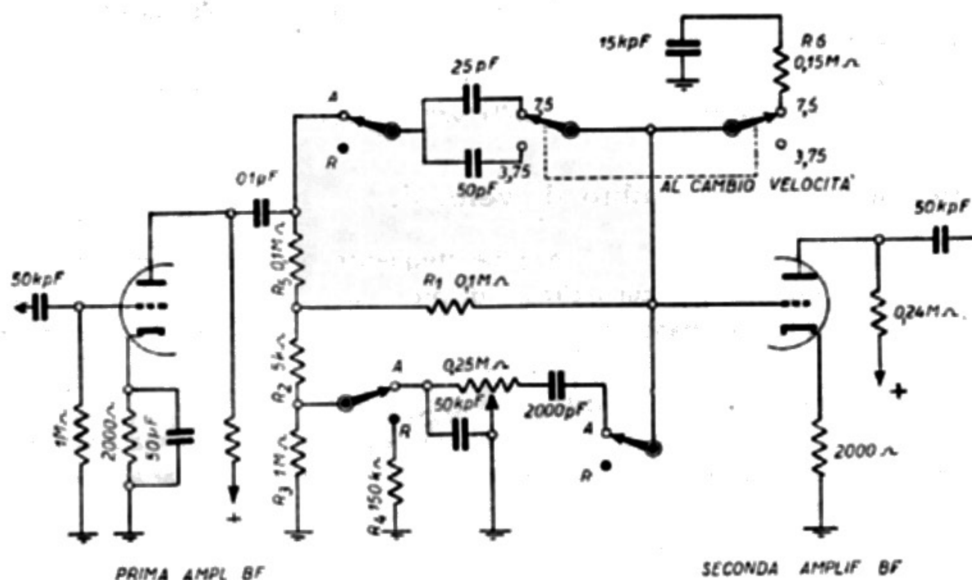


Fig. 14.10 - Compensazione di due velocità di corsa del nastro.

Nella posizione di ascolto, ossia di post-compensazione, nella quale vengono super-amplificate le frequenze basse, i circuiti presentano le seguenti due caratteristiche:

a) la resistenza di griglia, formata dalle tre resistenze *R1*, *R2* e *R3*, poste in serie, viene variata con l'inserzione della resistenza variabile di controllo di tonalità, posta in parallelo alla resistenza *R3*; nella posizione di registrazione, il controllo di tonalità è escluso, essendo i circuiti tarati onde ottenere la migliore compensazione possibile; durante l'ascolto, l'utente può adattare la tonalità all'ambiente e all'intensità della riproduzione sonora;

b) viene inserita metà del circuito di compensazione per la velocità, formato da due condensatori, uno di 25 pF e l'altro di 50 pF; il primo per la velocità di 7,5 pollici e il secondo per quella di 3,75 pollici.

Nella posizione registrazione, oltre alla esclusione del controllo di tonalità, viene ridotto il valore della resistenza di griglia, con l'inserzione di una resistenza di 15 000 ohm (*R4*) in parallelo alla resistenza di 1 megaohm (*R3*) e vengono eliminati i due

condensatori per compensare il cambio di velocità. Il circuito risultante esclude perdite di frequenze elevate; i due stadi provvedono alla massima amplificazione di tali frequenze.

Per il cambio di velocità è sempre presente, in ambedue le posizioni, di registrazione e di ascolto, un circuito di compensazione costituito da una resistenza di 150 000 ohm (*R6*) in serie con un condensatore di 15 000 pF, inserito tra la guida della seconda valvola e massa, quando il nastro corre a 7,5 pollici. Viene esercitato automaticamente quando il magnetofono viene fatto funzionare a 3,75 pollici.

Il controllo di volume, non visibile nello schema, è inserito all'entrata della prima valvola.

L'oscillatore BF supersonico.

L'oscillatore BF supersonico fornisce la tensione alternativa alla testina di cancellazione, e fornisce pure una parte della stessa tensione alla testina di registrazione.

Nel primo caso, la tensione alternativa serve per cancellare la precedente impressione magnetica; nel secondo caso serve a pre-magnetizzare il nastro, ossia serve alla polarizzazione magnetica del nastro, in modo da far funzionare la testina di registrazione al centro del tratto rettilineo della curva di magnetizzazione.

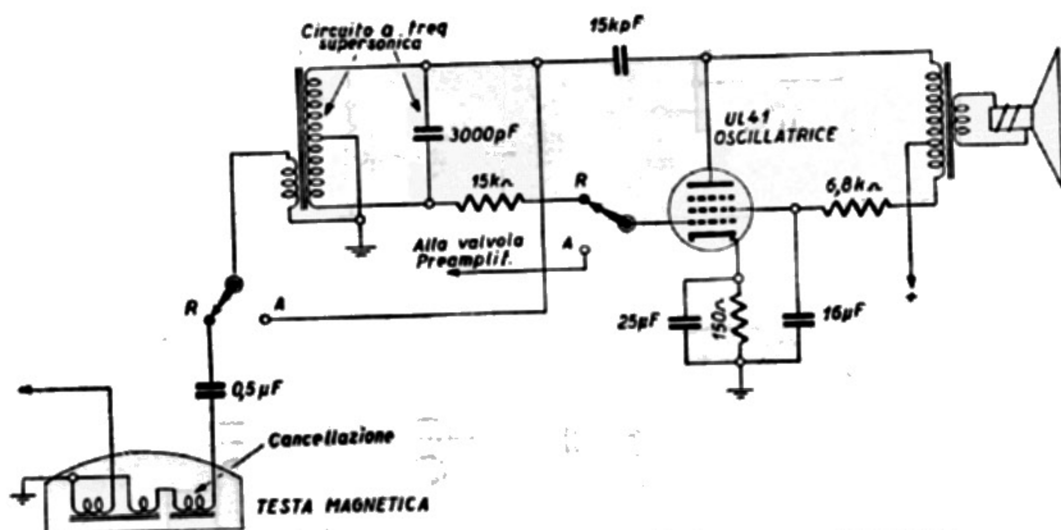


Fig. 14.11. - Oscillatore supersonico e stadio finale con una sola valvola.

L'oscillatore BF supersonico è generalmente di tipo Hartley; la sua frequenza è superiore a quella udibile, ed è compresa tra 15 000 e 60 000 cicli al secondo.

Nei piccoli magnetofoni è la stessa valvola finale che viene fatta funzionare quale *oscillatrice supersonica* quando essi si trovano nella posizione « registrazione ».

Un esempio di valvola usata quale amplificatrice finale, in posizione « ascolto » (A), o quale oscillatrice supersonica, in posizione « registrazione » (R) è quella di fig. 14.11.

L'altoparlante è sempre collegato, anche quando la valvola funziona da oscillatrice. L'altoparlante è poco adatto per riprodurre frequenze oltre i 15 000 c/s, e per di più tali frequenze non sono udibili.

Non si ottiene alcun risultato tangibile staccando l'altoparlante e sostituendolo con una resistenza di carico.

Quando il magnetofono è in posizione « registrazione », tra la placca e la griglia della valvola finale vi è un circuito accordato, costituito da una bobina con nucleo di ferro e un condensatore fisso. In questo esempio, la bobina del circuito accordato è di 1 200 spire, con una presa a 900 spire, avvolta su tubetto di 15 mm di diametro, con filo n. 28 smaltato. La bobina di presa è avvolta direttamente sulla

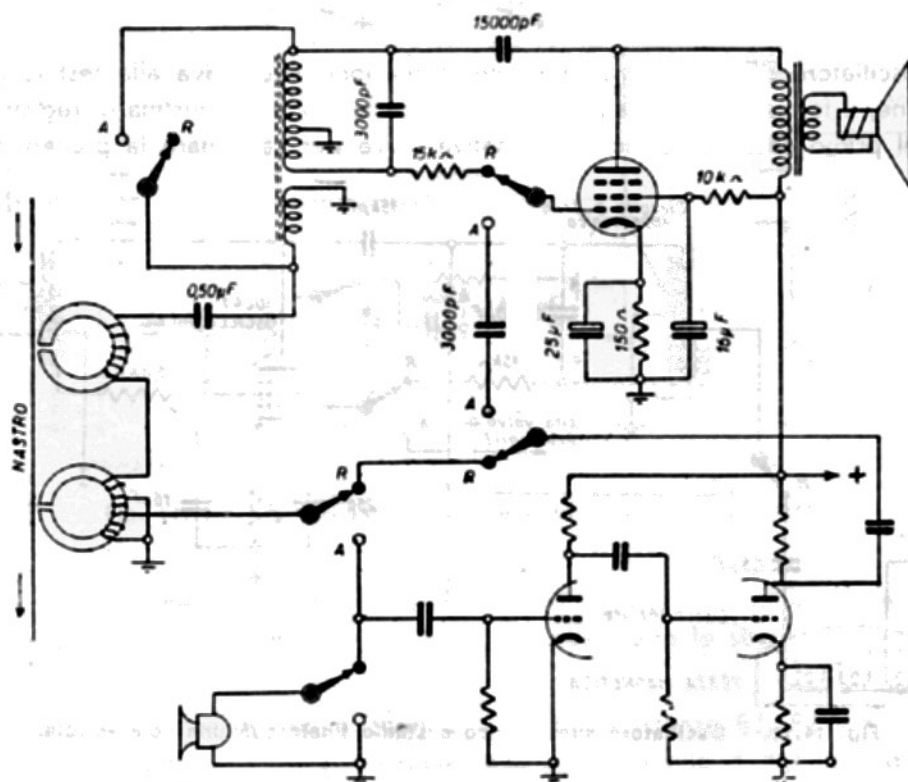


Fig. 14.12. - Schema semplificato di amplificatore e oscillatore supersonico.

bobina precedente, con 75 spire di filo n. 22 smaltato. L'avvolgimento è irregolare; forma un insieme cilindrico, lungo 40 millimetri. Tutto l'oscillatore supersonico, va schermato per evitare interferenze con l'eventuale apparecchio radio, per effetto dei battimenti risultanti dalla sovrapposizione della frequenza supersonica con le frequenze presenti nell'apparecchio.

Quando il magnetofono è in posizione di ascolto, il circuito accordato d'oscillatore è in cortocircuito a massa; nello stesso tempo la testina di cancellazione è

staccata. La griglia della valvola finale è collegata all'uscita del preamplificatore. Il condensatore di 15 000 pF serve a impedire che la tensione anodica sia a massa.

La fig. 14.12 illustra un esempio simile al precedente. È indicato l'intero complesso elettronico semplificato di piccolo magnetofono. Il commutatore è in posizione « registrazione ». Le valvole sono due sole; un doppio triodo provvede ai due stadi di amplificazione di tensione, un pentodo finale provvede all'amplificazione di potenza o alla generazione della tensione BF supersonica. Delle due testine magnetiche, quella in alto provvede alla cancellazione, e quella in basso alla registrazione.

La fig. 14.13 illustra un esempio di oscillatore separato, utilizzato soltanto per la tensione BF supersonica per la polarizzazione magnetica. La cancellazione viene effettuata applicando una tensione continua di 25 volt alla testa di cancellazione.

In figura, il segno X indica l'uscita dell'amplificatore BF di tensione.

Altri particolari inerenti a questo oscillatore BF supersonico si possono ricavare dallo schema del magnetofono « Stenorette » della Grundig, descritto nel capitolo XV.

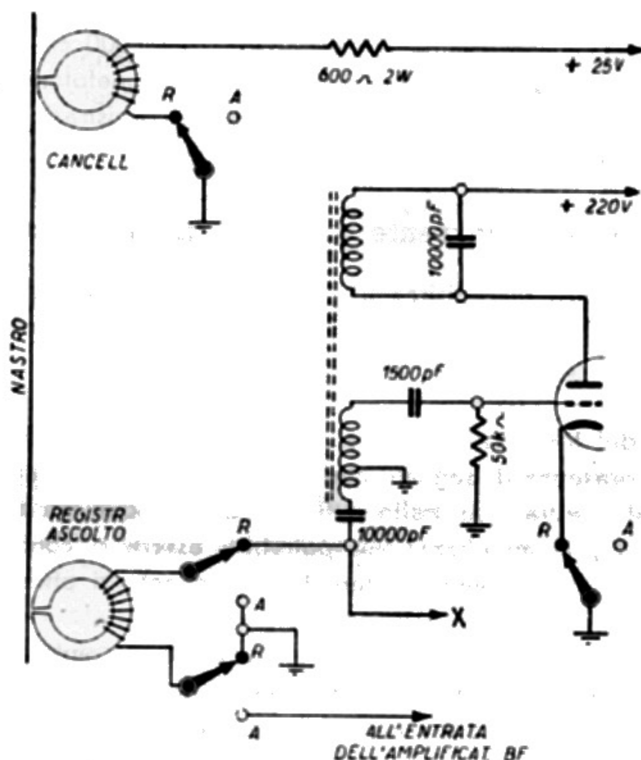


Fig. 14.13. - Oscillatore supersonico utilizzato per la sola premagnetizzazione.

Scelta della frequenza dell'oscillatore supersonico.

La frequenza dell'oscillatore supersonico, e quindi della corrente di premagnetizzazione, non è critica, e in genere è di quattro o cinque volte la più alta frequenza del segnale registrabile. Ciò è necessario per evitare la formazione di fischi di bat-

timento, dovuti alla sovrapposizione delle frequenze armoniche del segnale con quella dell'oscillatore supersonico. L'effetto di eterodina risulta dalla non linearità del mezzo magnetico e può costituire un inconveniente grave, quando siano usate frequenze supersoniche relativamente basse.

Se, ad es., viene registrata una frequenza di 10 000 cicli, e se la frequenza dell'oscillatore è di 35 000 cicli, può avvenire che la terza armonica del segnale, a 30 000 cicli, interferisca con quella di 35 000 cicli dell'oscillatore, determinando una frequenza di battimento di 5 000 cicli, sotto forma di fischio. La riproduzione assume in tal caso un particolare carattere stridente.

Non è però opportuno elevare molto la frequenza dell'oscillatore supersonico, in quanto, per altre ragioni, è necessario che essa sia appena sufficiente. Va tenuto conto che soltanto la seconda e la terza armonica dei suoni più alti possono dar luogo all'inconveniente dell'eterodina. È per questa ragione che i magnetofoni da ufficio, molto lenti, sono provvisti di oscillatore con frequenza relativamente bassa, dai 12 000 ai 18 000 c/s.

Frequenze supersoniche molto elevate, ad es. di 60 000 cicli, sono adatte solo per magnetofoni veloci, di tipo professionale; per i magnetofoni di tipo semi-professionale, e in genere per quelli usati da privati per registrazioni musicali, le frequenze meglio adatte sono comprese tra i 30 000 e i 40 000 cicli/secondo.

Scelta dell'intensità di corrente di premagnetizzazione.

Alla testa magnetica di registrazione giunge, insieme con la corrente audio da registrare, una *corrente di premagnetizzazione*, detta anche *corrente di polarizzazione magnetica*, alla quale è già stato accennato nel capitolo precedente.

Tale corrente di premagnetizzazione ha lo scopo di far funzionare la testa magnetica al centro del tratto rettilineo della curva di magnetizzazione, in assenza di segnale audio. In presenza di segnale audio, l'ampiezza della magnetizzazione varia ai due lati del punto centrale del tratto rettilineo, ossia ai due lati del punto di lavoro.

La corrente di premagnetizzazione potrebbe essere o continua o alternativa; nei magnetofoni moderni è sempre alternativa, in quanto si ottiene in tal modo un effetto di controfase, come già detto.

L'intensità della corrente di premagnetizzazione è piuttosto critica, benchè possa venir variata entro termini abbastanza ampi. A ogni variazione della corrente di premagnetizzazione corrisponde però una notevole variazione della riproduzione sonora, in quanto essa ha notevole effetto sia sulla ampiezza della resa d'uscita, sia sulle frequenze estreme bene riprodotte.

CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE E FREQUENZE BASSE.

Il graduale aumento d'intensità della corrente di premagnetizzazione ha per effetto l'aumento della resa d'uscita delle frequenze più basse, in quanto esse risultano meglio registrate sul nastro. Con insufficiente corrente di premagnetizzazione non si ottiene alcuna registrazione di frequenze sotto i 200 cicli. Oltre un certo li-

mite, l'aumento della corrente determina una diminuzione delle frequenze basse, le quali scompaiono del tutto, non appena la corrente ha raggiunto un certo valore, con il quale le altre frequenze vengono ancora bene registrate e riprodotte.

L'intensità della corrente di premagnetizzazione è critica solo per le frequenze più basse, particolarmente per quelle sotto i 200 cicli. Per tali frequenze, basta una leggera variazione della corrente per causare forti variazioni della loro registrazione e riproduzione.

CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE E RAPPORTO SEGNALE/DISTURBO.

Per ridurre al minimo i disturbi durante la riproduzione, ossia per ottenere un elevato rapporto segnale/disturbo, è necessario che la corrente di premagnetizzazione sia di intensità elevata. Con insufficiente intensità, la riproduzione risulta disturbata, in quanto la registrazione del segnale è accompagnata anche da disturbi. Anche la distorsione risulta in tal caso notevole. Non è mai opportuno effettuare registrazioni con bassa intensità di corrente di premagnetizzazione, a meno che non si tratti di magnetofoni molto lenti, quali quelli usati negli uffici.

L'aumento della intensità di corrente provoca però alcuni inconvenienti, primo tra i quali la riduzione del livello sonoro, in quanto diminuisce l'intensità di registrazione e quindi la resa d'uscita di tutte le frequenze, e in modo particolare di quelle elevate. Frequenze oltre i 12 000 c/s scompaiono del tutto, come scompaiono pure del tutto quelle sotto i 200 c/s.

CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE DI PICCO.

È detta corrente di premagnetizzazione di picco quella che consente la massima resa d'uscita di frequenze basse, in genere quella di 200 c/s. Tale corrente è d'intensità relativamente ridotta. In pratica viene utilizzata una corrente di intensità maggiore; essa determina una riduzione della resa d'uscita; tale riduzione viene misurata in decibel. L'aumento dell'intensità oltre il livello di picco può essere, ad es., di 4 decibel; si suol dire che la registrazione avviene con 4 decibel di sopra-corrente di polarizzazione.

Maggiore è la sopra-corrente minore è il livello dei disturbi; la riduzione del livello dei disturbi avviene più rapidamente di quella del segnale; da ciò il vantaggio di usare forti correnti di premagnetizzazione, entro certi limiti, nonostante la perdita sia delle frequenze più alte che di quelle più basse. La fedeltà della riproduzione sonora deve venir necessariamente sacrificata al fine di ottenere una buona registrazione/riproduzione in senso generale, ossia con il minimo dei disturbi e con la minor distorsione possibile.

CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE E VELOCITÀ DEL NASTRO.

L'intensità ottima della corrente di premagnetizzazione dipende notevolmente dalla velocità del nastro.

In pratica si seguono queste regole:

A) *magnetofoni a bassa velocità*: l'intensità della corrente di premagnetizzazione è del 50 per cento superiore a quella che consente la massima resa d'uscita, senza tener conto di alcuna frequenza;

B) *magnetofoni a media velocità*: l'intensità della corrente di premagnetizzazione è quella che consente la massima resa d'uscita alla frequenza di 1 000 cicli/secondo;

C) *magnetofoni ad alta velocità*: l'intensità della corrente di premagnetizzazione è il doppio di quella che consente la massima resa d'uscita a 1 000 cicli/secondo.

REGOLATORE DELLA CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE.

I magnetofoni di tipo professionale sono provvisti di regolatore della corrente di premagnetizzazione; esso consente di regolare l'intensità di sopra-corrente sotto o oltre i 2 decibel. L'intensità normale è quella di 2 decibel sopra l'intensità di picco.

L'indicatrice di profondità di modulazione.

Tutti i magnetofoni sono provvisti di una valvola indicatrice di profondità di modulazione; solo gli apparecchi da ufficio sono, a volte, provvisti di una lampadina al neon, al posto della valvola. La lampadina è posta nella stessa custodia del mi-

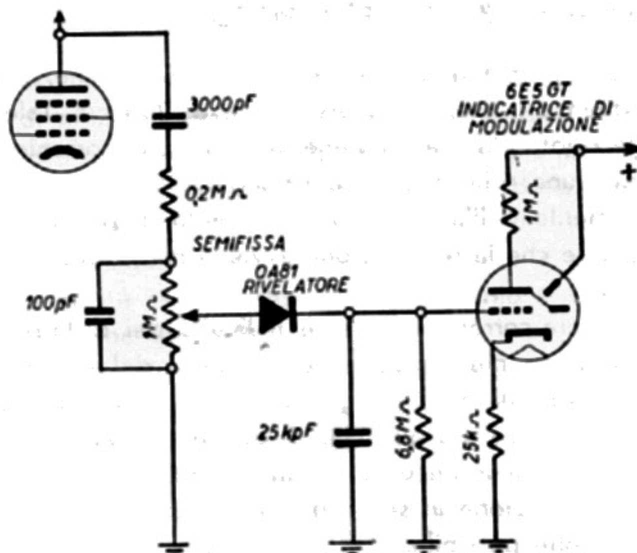


Fig. 14.14. - Indicatrice di profondità di modulazione con 6E5-GT.

crofono, tenuto in mano durante la dettatura; in presenza di eccessiva modulazione, la lampadina si accende, consentendo a chi parla di regolare la distanza del microfono e di variare l'intensità della voce.

L'indicazione della profondità di modulazione è necessaria per evitare che l'ampiezza della tensione modulante non determini un'ampiezza di modulazione oltre il tratto rettilineo della curva di magnetizzazione, ciò che determinerebbe distorsione. La profondità di modulazione viene generalmente regolata con una resistenza variabile, quella che durante l'ascolto funziona da controllo di volume, e che all'atto della registrazione diventa controllo di modulazione.

La valvola indicatrice di modulazione è una indicatrice di sintonia utilizzata in modo simile a quest'ultima. La tensione BF viene prelevata dalla placca del secondo triodo (o della seconda valvola) dell'amplificatore di tensione, e viene applicata all'entrata della valvola indicatrice ottica, dopo essere stata rivelata. Negli apparecchi radio, all'indicatrice ottica viene applicata una parte della tensione CAV. La rivelazione è ottenuta con un cristallo di germanio o con una metà di un doppio triodo.

La fig. 14.14 illustra una indicatrice di modulazione 6E5 GT, preceduta da un

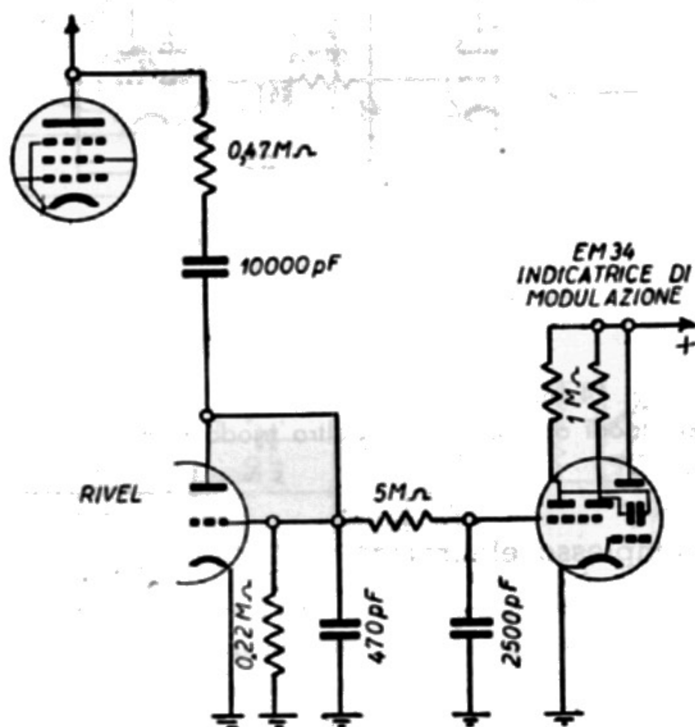


Fig. 14.15. - Indicatrice di profondità di modulazione con EM34.

cristallo di germanio; è collegata all'uscita della seconda valvola amplificatrice BF. La resistenza variabile indicata non è quella del controllo di volume e di registrazione, ma è una resistenza semifissa con la quale viene regolato il funzionamento della indicatrice di sintonia, all'atto della messa a punto del magnetofono.

La fig. 14.15 illustra un altro esempio di valvola indicatrice di profondità di

modulazione. In questo caso si tratta di una EM34 preceduta da uno dei triodi di una valvola triodo-pentodo. (La sezione pentodo è usata nello stadio oscillatore BF).

Un terzo esempio di impiego di valvola indicatrice di profondità di modula-

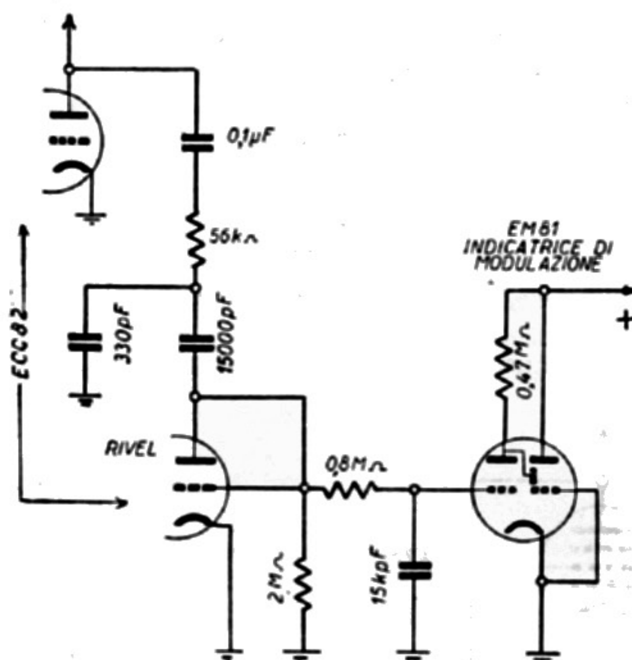


Fig. 14.16. - Indicatrice di profondità di modulazione con EM81.

zione è quello di fig. 14.16. L'indicatrice è una EM81, collegata alla rivelatrice costituita da uno dei triodi di una ECC82. L'altro triodo è inserito nel secondo stadio dell'amplificatore BF.

Esempio di complesso elettronico.

La fig. 14,17 riporta lo schema completo del complesso elettronico di un piccolo registratore magnetico. La testina di registrazione/riproduzione è indicata con *TR*, quella di cancellazione con *TC*. Lo schema è disegnato con i contatti in posizione « registrazione ».

Sono impiegate tre valvole, più il rettificatore a selenio dell'alimentatore. Le tre valvole hanno le seguenti funzioni:

a) una ECC83 (o 12 AX7), doppio triodo, per i due stadi di preamplificazione BF;

b) una EL 95 (o 6AQ5) per l'amplificazione finale (in riproduzione) o per l'oscillazione a frequenza supersonica (in registrazione);

c) una EM80 per l'indicazione della profondità di modulazione.

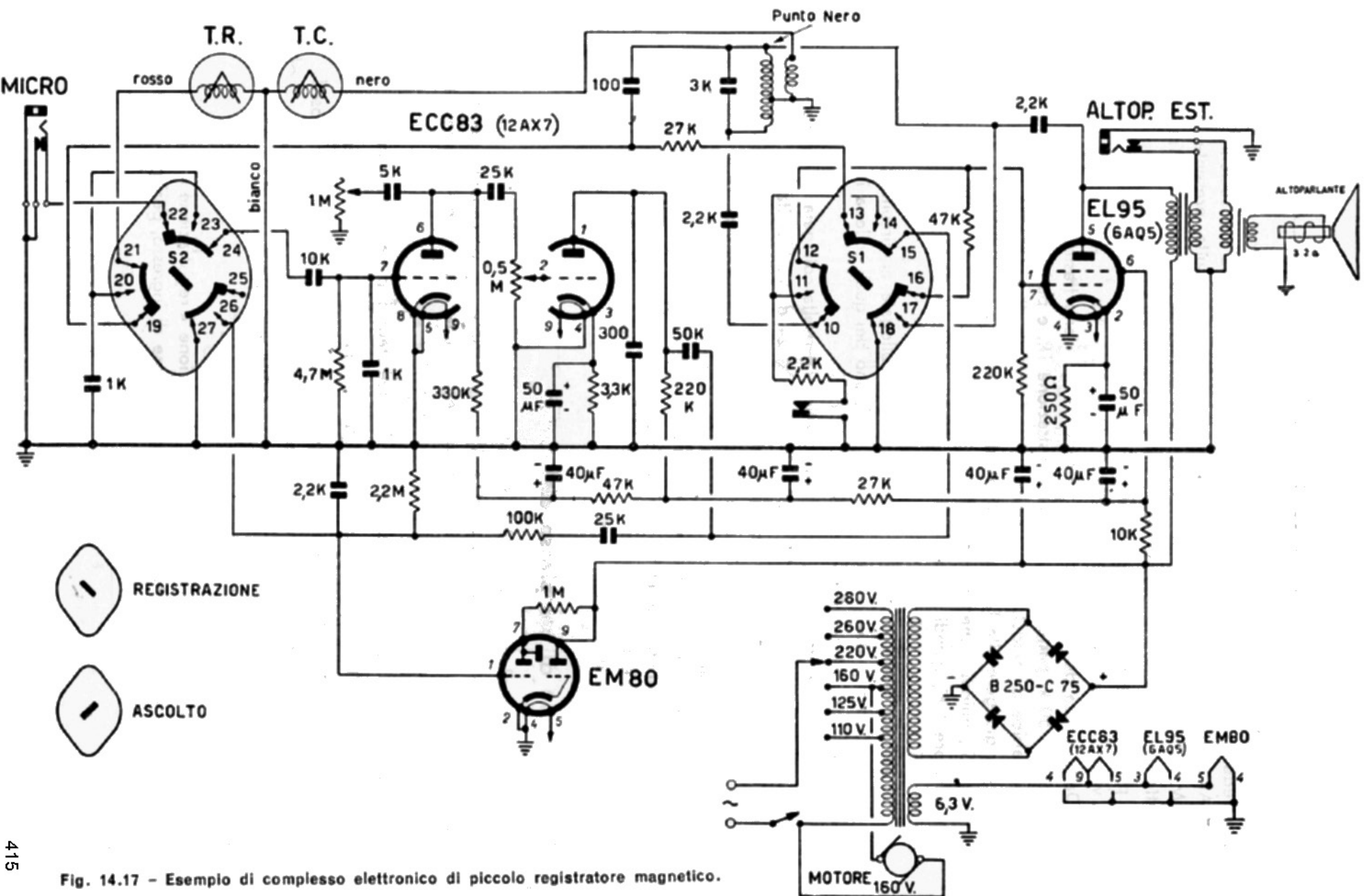


Fig. 14.17 – Esempio di complesso elettronico di piccolo registratore magnetico.

Al passaggio dalla posizione « registrazione » alla posizione « riproduzione » provvede un commutatore a tre posizioni e a tre vie, formato da due sezioni S_1 e S_2.

All'atto della registrazione, la tensione microfonica risulta presente all'entrata MICRO, e da questa tra il contatto 22 del commutatore S_2 e massa. Tramite il contatto 24 e il condensatore da 10 k, viene applicata all'entrata del primo triodo. Dalla placca di tale triodo viene trasferita all'entrata del secondo triodo. Tra i due triodi vi sono il controllo di tono e quello di volume.

Dalla placca del secondo triodo, la tensione BF viene trasferita, tramite il condensatore di 50 k, parte alla testina di registrazione *TR*, e parte all'entrata della valvola indicatrice di modulazione, tramite il condensatore di 25 k e la resistenza di 100 k; per giungere alla *TR* giunge prima al contatto 15 e poi a quello 13 del commutatore S_1, quindi viene sommata alla tensione a frequenza supersonica, tramite il condensatore 100, quindi passa alla testina *TR* tramite i contatti 19 e 21 del commutatore S_2.

La valvola finale, durante la registrazione, è collegata al circuito supersonico (Punto nero), tramite due condensatori di 2,2 pF, uno dei quali collega il circuito all'entrata della valvola, tramite i contatti 10 e 12 di S_1.

All'atto della riproduzione, la testa magnetica *TR* risulta collegata all'entrata del primo triodo, tramite i contatti 20 e 21, nonchè 23 e 24 di S_2. L'uscita del secondo triodo risulta collegata all'entrata del pentodo finale tramite i contatti 14 e 15 nonchè 11 e 12 di S_1. Il circuito supersonico risulta collegato a massa.

Il passaggio dalla posizione « registrazione » a quella di « riproduzione » è ottenuto con due tasti, come sempre avviene; la pressione sui tasti determina la rotazione del commutatore, mediante un braccio snodato.

Questo complesso elettronico fa parte del registratore magnetico GBC mod. SM 14, fornito in scatola di montaggio.

Altro esempio di complesso elettronico.

Il complesso elettronico di cui la fig. 14.18 riporta lo schema appartiene ad un registratore di tipo medio (Vega mod. RM301); differisce dal precedente per funzionare con quattro valvole, oltre il raddrizzatore a selenio e un diodo al germanio.

Le funzioni delle quattro valvole sono le seguenti:

a) una ECC83, doppio triodo, per i primi due stadi di preamplificazione;

b) una ECC82, doppio triodo, per gli altri due stadi di preamplificazione;

c) una EL95, pentodo, per l'amplificazione finale, in riproduzione, o per l'oscillazione a frequenza supersonica, in registrazione;

d) una EM84, indicatrice elettronica, per la segnalazione della profondità di modulazione.

Lo schema è disegnato con i comandi in posizione « registrazione ». La testina magnetica è indicata con RM3. Sono indicate tre prese di ingresso, per micro, radio

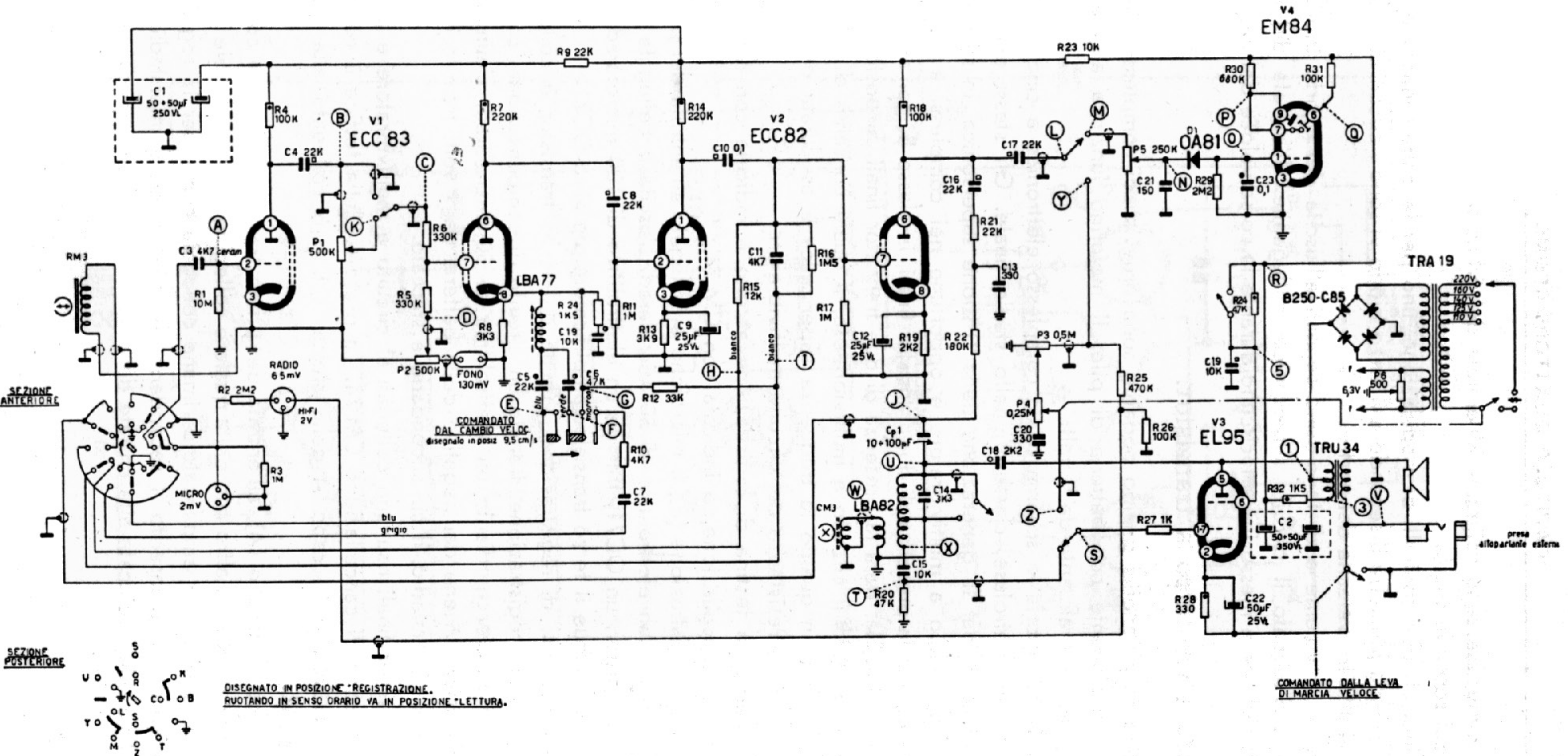


Fig. 14.18. – Esempio di complesso elettronico di registratore magnetico di tipo medio. (VEGA mod. RM 301).

e fono; le prime due sono collegate all'entrata del primo triodo, la terza è collegata all'entrata del secondo triodo.

Sono indicati due controlli di modulazione, uno per le entrate micro e radio, e l'altro per l'entrata fono. Tra il secondo e il terzo triodo vi sono i circuiti di compensazione relativi alle tre velocità del nastro.

I controlli di volume e di tono sono segnati all'uscita del quarto triodo. Sotto tale triodo è disegnato il circuito supersonico, collegabile all'entrata del pentodo finale. L'altoparlante è messo in cortocircuito durante la corsa veloce del nastro.

Complesso elettronico a transistor.

I registratori magnetici di tipo portatile sono provvisti di complesso elettronico a transistor, funzionante con batteria di pile. Il motorino funziona anch'esso con batteria di pile, generalmente da 9 volt.

La fig. 14.19 riporta lo schema di un complesso elettronico a cinque transistor, due dei quali in controfase, classe B, nello stadio finale. Gli stessi due transistor finali sono utilizzati per la generazione della tensione supersonica, in stadio a multivibratore. Tale stadio a multivibratore è opportuno nei complessi a transistor, in quanto è necessaria la presenza di due transistor finali, in classe B, per assicurare una sufficiente resa d'uscita. Data la presenza di due transistor finali, al posto del circuito convenzionale è usato il circuito a multivibratore, il quale consente di escludere la bobina di reazione, in quanto la frequenza supersonica è assicurata dal valore dei condensatori e delle resistenze del circuito multivibratore.

Nello schema, la testina di registrazione/ascolto è indicata con MR 74; l'altra testina, quella di cancellazione, è indicata con CM 74.

In posizione registrazione (*R*), il microfono è collegato all'entrata del primo transistor OC70, tramite un elettrolitico di 50 microfarad. L'uscita è collegata all'entrata del secondo transistor, un OC71, tramite un elettrolitico di 100 microfarad e il controllo di volume. Segue il terzo transistor amplificatore, un altro OC71.

In tale posizione, di registrazione, l'uscita del terzo transistor è collegata alla testina magnetica di registrazione, tramite un circuito di compensazione, collegato al collettore del transistor mediante un elettrolitico di 50 microfarad. L'alimentazione del terzo transistor avviene dal negativo della batteria da 9 volt, tramite il primario del trasformatore interstadio, il cui secondario è staccato.

I due transistor finali risultano collegati al circuito a multivibratore e alle prese *B* e *D* della testina di cancellazione CM 74. La presa C della testina è collegata al negativo della batteria; il capo *A* della stessa testina è collegato alla testina di registrazione MR.

In posizione di ascolto (*A*), all'entrata del primo transistor è invece collegata la testina magnetica MR 74, l'altro lato della quale è collegato a massa. In tale posizione, l'uscita del terzo transistor amplificatore rimane collegata come per la registrazione, con la differenza che è inserito il secondario del trasformatore interstadio, per cui la tensione BF risulta applicata alle entrate dei transistor finali, in opposizione di fase.

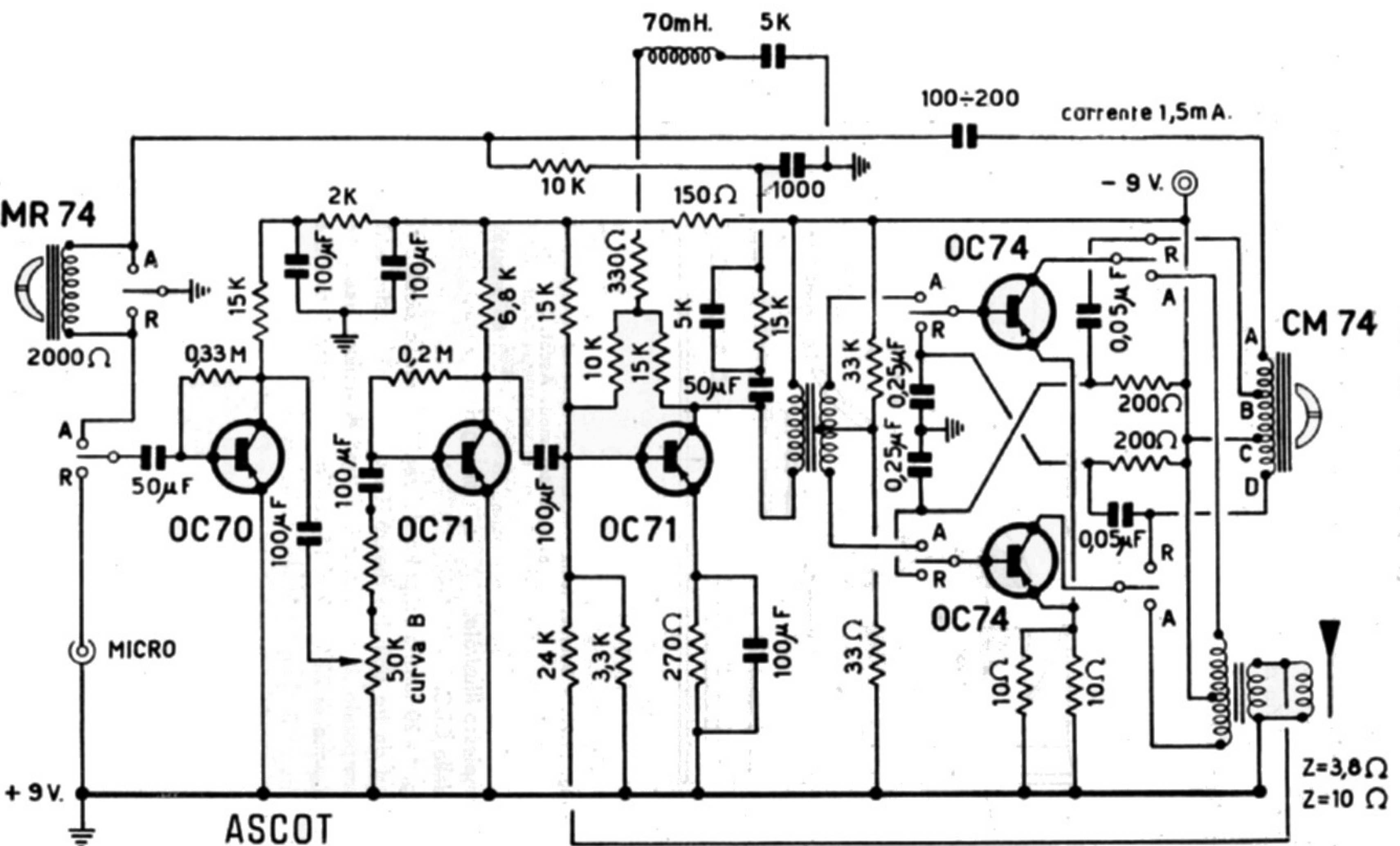


Fig. 14.19 – Complesso elettronico a transistor del registratore magnetico portatile mod. Ascot della GBC.

Le uscite di tali transistor sono collegate al primario del trasformatore d'uscita, e quindi all'altoparlante.

Dal secondario del trasformatore d'uscita è prelevata una tensione di controreazione, applicata all'entrata del terzo transistor, per assicurare stabilità di funzionamento all'amplificatore.

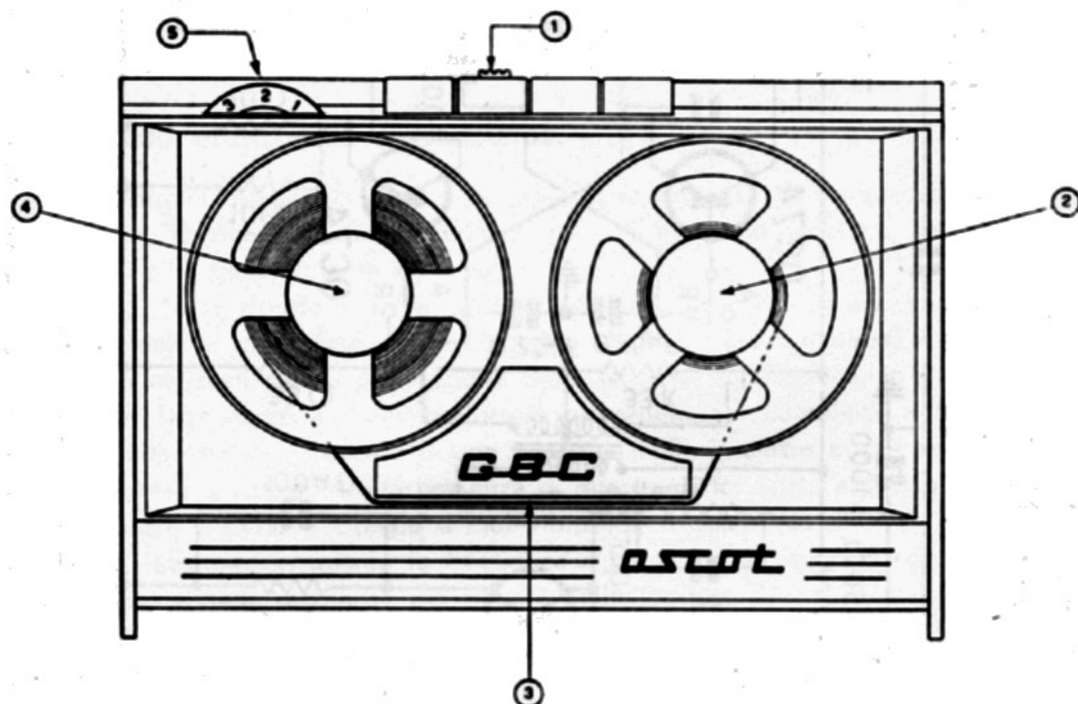


Fig. 14.20. - Bobine, testa magnetica e comandi a tastiera del registratore a transistor mod. Ascot.

Il complesso illustrato appartiene al registratore magnetico portatile, mod. Ascot, costruito dalla GBC.

La fig. 14.20 illustra l'aspetto del registratore. Le bobine sono in posizione verticale. Sono da tre pollici e mezzo. La velocità del nastro è di 9,5 cm/s. L'altoparlante è incorporato, il microfono è di tipo dinamico; i comandi sono a tastiera. Le dimensioni sono di 22,5 × 9 × 15 centimetri; il peso è di 2,2 chilogrammi.

CAPITOLO QUINDICESIMO

ESEMPI DI REGISTRATORI MAGNETICI

Categorie di registratori magnetici.

I registratori magnetici si distinguono in tre categorie:

a) dittafoni, con bobine di 3 pollici;

b) portatili, a transistor, con bobine di 3 pollici;

c) piccoli, con bobine di 5 pollici;

d) medi, con bobine di 7 pollici.

I dittafoni servono per registrazione di sola voce, e sono usati negli uffici per la dettatura della corrispondenza, per effettuare inventari, per registrare resoconti di sedute d'amministrazione, per conservare comunicazioni telefoniche, ecc. Il nastro dei dittafoni scorre alla velocità di 2,38 centimetri al secondo; la durata della registrazione è di novanta minuti per ciascuna delle due traccie magnetiche, per cui la bobina di 3 pollici consente la registrazione complessiva di tre ore.

I piccoli magnetofoni sono adatti per la registrazione di voci e di suoni, in modo particolare per registrazione da radio o TV di canzoni e di musica leggera. Non sono adatti per registrazione di musica sinfonica, sia per l'insufficienza del complesso elettronico di amplificazione, che per l'insufficienza del piccolo altoparlante di cui dispongono. Sono provvisti di tre velocità: 2,38 cm/s, 4,75 cm/s e 9,5 cm/s. La bobina di 5 pollici consente registrazioni di 30 minuti a 9,5 cm/s, di 60 minuti a 4,75 cm/s e di 90 minuti a 2,38 cm/s, per ciascuna delle due traccie.

I magnetofoni medi sono adatti per registrazioni di voci e suoni, compresa la musica sinfonica, a media Hi-Fi. Sono provvisti di preamplificatore e di amplificatore adatti per una gamma di frequenze da 50 a 15 000 cicli al secondo, in media; e di altoparlante adatto per riprodurre buona parte di questa gamma di frequenze. In genere sono anche provvisti di presa per altoparlante ausiliario, adatto per completare la gamma delle audiofrequenze riproducibili. Sono provvisti di tre velocità: a 4,75 cm/s, a 9,5 cm/s e a 19 cm/s. La bobina di 7 pollici consente registrazioni di 180 minuti a 4,75 cm/s, di 90 minuti a 9,5 cm/s e di 45 minuti a 19 cm/s, per ciascuna traccia.

I registratori magnetici medi si distinguono, a loro volta, in due categorie:

a) con nastro a due tracce,

b) con nastro a quattro tracce.

Ai registratori magnetici medi appartengono anche gli stereofonici, i quali utilizzano, appunto, nastri a quattro tracce.

BOBINE DI NASTRO E DURATA DELLA REGISTRAZIONE.

Come detto, le bobine di nastro sono generalmente quelle di 3, di 5 e di 7 pollici. Vi sono anche bobine di 4 pollici e di 5 pollici e tre quarti, meno usate.

Il nastro può essere di tre tipi:

a) nastro normale, dello spessore di 50 micron;

b) nastro sottile, dello spessore di 40 micron;

c) nastro extra sottile, dello spessore di 30 micron.

Le bobine di 5 pollici contengono 180 metri di nastro normale, oppure 260 metri di nastro sottile o 360 metri di nastro extra sottile. In generale, il nastro normale e quello sottile sono usati per i piccoli magnetofoni, mentre il nastro sottile e quello extra sottile sono usati per i magnetofoni medi.

Poichè la durata della registrazione è proporzionata alla lunghezza del nastro, e questa al suo spessore, a parità di bobine, sono generalmente in uso solo nastri sottili e extra sottili.

Per questi due tipi di nastro sono riassunte le caratteristiche generali nella tabella seguente:

Spessore nastro μ	Diametro Bobina		Lunghezza nastro m	Durata in minuti		
	cm.	pollici		4.75 cm/sec	9,5 cm/sec	19 cm/sec
< 40 Sottile	8	3"	65	4 x 23	4 x 12	4 x 6
	10	4"	130	4 x 45	4 x 23	4 x 12
	13	5"	260	4 x 190	4 x 45	4 x 23
	15	5" 3/4	350	4 x 110	4 x 55	4 x 28
	18	7"	540	4 x 190	4 x 95	4 x 48
< 30 Extra sottile	8	3"	90	4 x 30	4 x 15	4 x 8
	10	4"	180	4 x 60	4 x 30	4 x 15
	13	5"	360	4 x 120	4 x 60	4 x 30
	15	5" 3/4	480	4 x 160	4 x 80	4 x 40
	18	7"	720	4 x 240	4 x 120	4 x 60

Registratore a nastro Allocchio Bacchini mod. 3001.

CARATTERISTICHE PRINCIPALI.

Il registratore mod. « 3001 » corrisponde alle seguenti caratteristiche:

— Registrazione a doppia traccia.

— Doppia velocità di funzionamento: 9,5 cm/s - 19 cm/s.

Responso alla frequenza:

50 Hz ÷ 15 000 Hz a 19 cm/s
70 Hz ÷ 10 000 Hz a 9,5 cm/s

— Controllo ottico del livello di registrazione mediante occhio magico.

— Regolazione toni acuti e gravi.

— Potenza di uscita: 4 watt.



Fig. 15.1. - Magnetofono Allocchio Bacchini mod. 3001.

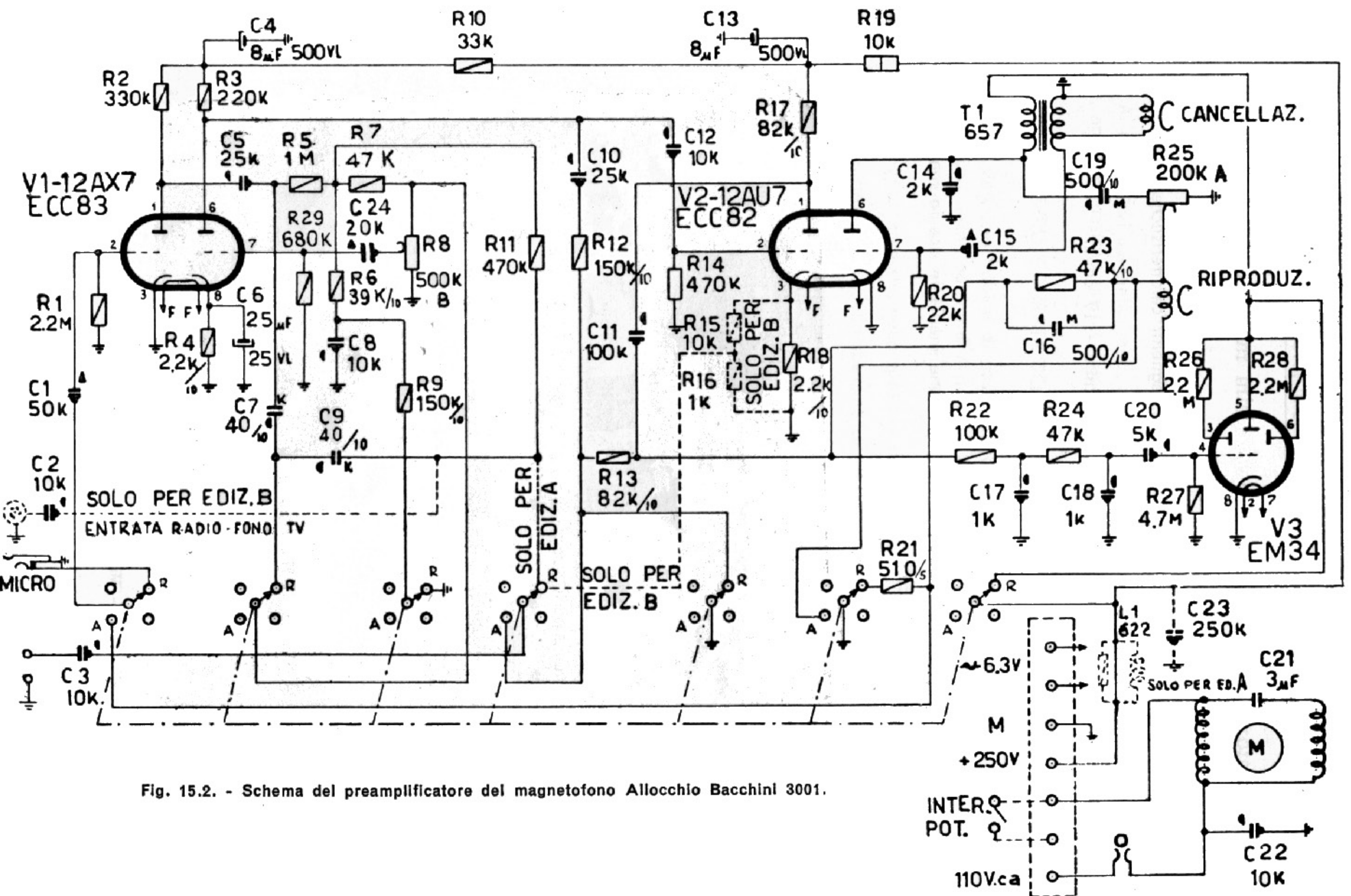


Fig. 15.2. - Schema del preamplificatore del magnetofono Allocchio Bacchini 3001.

— Consumo rete: 55 VA circa.
— Sensibilità d'entrata Micro ad alta impedenza: 1,5 mV.
— Sensibilità d'entrata Fono e Radio TV: 100 mV.
— Valvole impiegate: n. 4, più occhio magico e raddrizzatore al selenio; e precisamente:

1 valvola tipo ECC83 o 12AX7
1 » » ECC82 o 12AU7
1 » » EABC80 o 6T8
1 » » EL84 o 6BQ5
1 » » EM34 (occhio magico).
Raddrizzatore al selenio per l'alimentazione.

COLLEGAMENTI ESTERNI.

L'apparecchio è dotato di quattro prese per effettuare i vari collegamenti, alloggiate sul pannello di controllo del registratore stesso ed ivi chiaramente indicate.

Microfono: Presa per l'inserzione di un microfono del tipo ad alta impedenza o dell'adattatore telefonico fornito con il registratore.

Radio-Fono-TV: Presa per l'inserzione di un rivelatore fonografico esterno, radio ricevitore od uscita suono di un televisore.

Altoparlante esterno: Presa per eventuale altoparlante addizionale esterno o cuffia magnetica per l'ascolto.

Amplificatore esterno: Presa per il collegamento con eventuale amplificatore di bassa frequenza esterno (ad esempio amplificatore ad alta fedeltà Radio Allocchio Bacchini modelli « 966 Hi-Fi e 965 Hi-Fi »).

Le prese sopra elencate prevedono l'uso di spine jack di tipo miniatura.

Durata della registrazione: a seconda del tipo di nastro magnetico impiegato, le durate della registrazione per ogni singola traccia risultano le seguenti:

Tipo di nastro magnetico	Durata della registrazione	
	a 9,5 cm/s	a 19 cm/s
Normale (600 piedi = 180 m)	33′	16′
Lunga durata (900 piedi = 270 m)	46′	23′
Lunga durata (1200 piedi = 360 m)	1 ora e 6′	33′

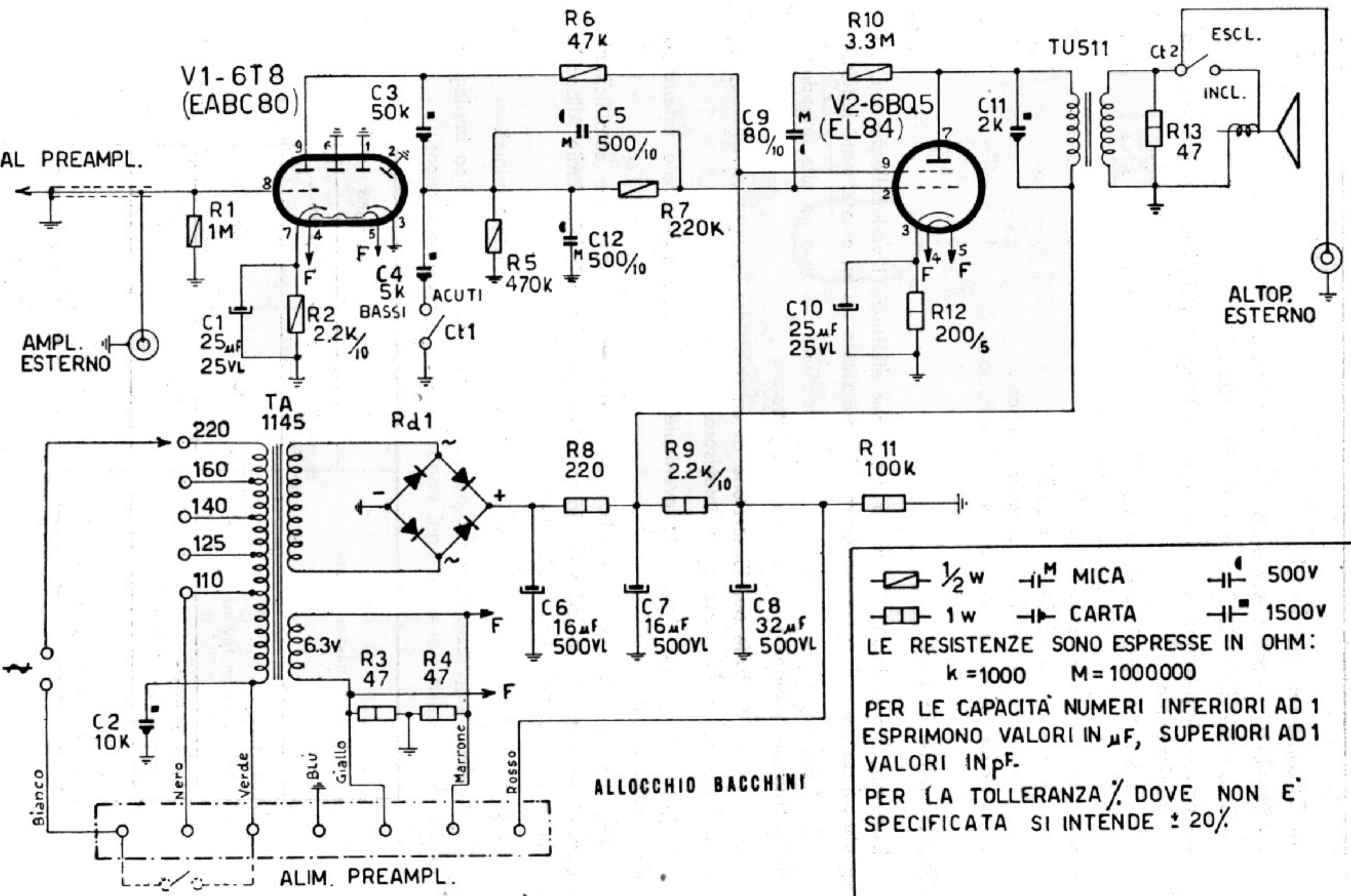


Fig. 15.3. - Schema dello stadio finale e alimentatore del magnetofono Allocchio Bacchini 3001.

Registratore CGE mod. 081.

DATI TECNICI.

Valvole impiegate: 1° e 2° stadio, valvole 12AX7 (o ECC83) in circuito cascode per la riproduzione.

3° e 4° stadio di amplificazione (registrazione-riproduzione) valvole 12AX7 (o ECC83).

Raddrizzatrice al selenio a ponte.

Indicatore della profondità di modulazione (occhio magico) valvola EM81. (Tutte le valvole adoperate sono a sezione doppia e quindi è come se anzichè una valvola fossero due).

Velocità del nastro: 9,5 cm/s - 19 cm/s.

Durata: 1 ora e mezza alla velocità di 9,5 cm/s, 45 minuti alla velocità di 19 cm/s (con inversione della bobina). Tale durata può essere portata a 2 ore e 10 minuti alla velocità di 9,5 cm/s e a 1 ora e 5 minuti alla velocità di 19 cm/s usando nastri speciali finissimi (Long Play) che con il medesimo ingombro e peso hanno una lunghezza molto maggiore.

Registrazione: a doppia pista.

Responso: da 100 a 8 000 Hz alla velocità di 9,5 cm/s; da 100 a 13 000 Hz alla velocità di 19 cm/s.

Contagiri. Il contagiri (2c) si trova sulla destra. Questo strumento è comandato dalla rotazione delle bobine e durante il moto, sia in un senso che nell'altro, vengono registrati i giri compiuti dalle bobine; questo permette la facile ricerca di una registrazione intermedia, se si è avuta la precauzione di annotare il numero d'inizio dell'incisione che interessa.

COMANDI.

Sulla piastra vi sono i seguenti comandi (fig. 15.4):

1) *Tasto per la registrazione da microfono.*

2) *Tasto per la registrazione da trasmissioni radio e da dischi.*

3) *Tasto per la riproduzione.*

4) *Manopola con indice di fede a quattro posizioni:*

a) AVANTI (A). Per la registrazione e riproduzione. La manopola in questa posizione fa ruotare le bobine del nastro magnetico nel senso orario (indicato dalla freccia), consentendo alla testina magnetica di esplorare il nastro sia in registrazione che in riproduzione.

b) FERMO. Per bloccare le bobine.

c) AVANTI VELOCE (AV). In questa posizione viene automaticamente stac-

cata la testina magnetica dal nastro, così questo può avvolgersi rapidamente sulla bobina di sinistra. In tal modo la parte di nastro che non interessa può essere fatta scorrere velocemente, fino a che sulla testina magnetica non viene a trovarsi l'inizio dell'incisione desiderata.

d) INDIETRO VELOCE (IV). Questa posizione ha lo scopo della precedente, soltanto che le bobine ruotano in senso antiorario, ed il nastro si avvolge sulla bobina di destra.

5) *Manopola doppia*: quella inferiore (diametro grande) serve da regolazione di tono; quella superiore (diametro piccolo) serve da interruttore e regola-

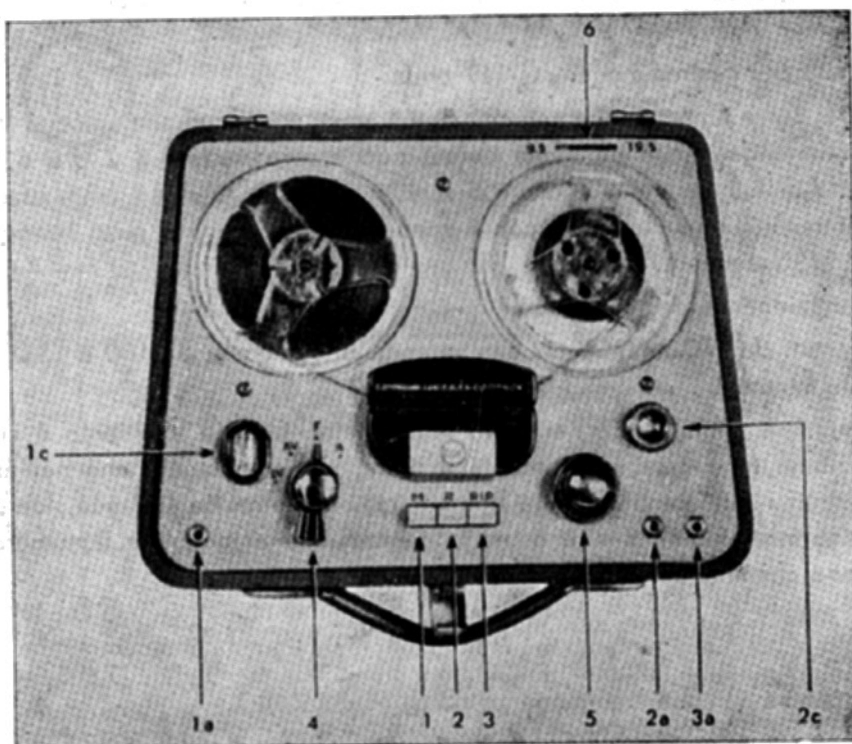


Fig. 15.4. - Comandi del magnetofono CGE mod. 081.

tore di volume sonoro, se si è in riproduzione, oppure da regolatore della profondità di modulazione, se si è in registrazione.

6) *Leva cambio velocità:* sulla sinistra velocità minore (9,5 cm/s), sulla destra velocità maggiore (19 cm/s).

CONTROLLI.

Occhio magico: Sulla sinistra vi è l'occhio magico (1c), mediante il quale si controlla la profondità di modulazione durante la registrazione. Per avere una inci-

sione e quindi una riproduzione, ad un livello nitido, l'ombra verde dell'occhio magico deve muoversi ampiamente senza però chiudersi completamente. Le oscillazioni dell'ombra si regolano con la manopola del volume.

ATTACCHI ESTERNI.

Boccola 1°: si trova sulla sinistra e serve per la registrazione da microfono; a tal'uopo il cavetto del microfono termina con uno spinotto, che viene infilato entro



Fig. 15.5. - Aspetto esterno del magnetofono CGE mod. 081.

una boccola. Non è necessario alcun trasformatore intermedio, poichè le parti metalliche dell'apparecchio non sono sotto tensione.

Boccola 2°: sulla destra subito dopo la manopola doppia. Si utilizza per la registrazione da trasmissioni radio e da dischi.

Boccola 3°: sull'estrema destra. Mediante opportuno cavetto, questa boccola permette di alimentare un altoparlante supplementare.

Per questo basta collegare l'estremità del cavetto con i due spinotti, mediante due bocche di coccodrillo, alla bobina mobile dell'altoparlante supplementare, e poi innestare lo spinotto del cavetto nella boccola.

SCHEMA ELETTRICO.

Nello schema di fig. 15.6, sono visibili le tre commutazioni corrispondenti ai tre tasti del magnetofono. Il tasto 1 (MICRO) comanda le commutazioni *1A*, *1B*, *1C*, *1D*. Quando questo viene abbassato per effettuare la registrazione da microfono, tutte e quattro le commutazioni vengono portate in posizione di lavoro (L).

Iniziamo la descrizione del circuito elettrico col vedere come viene effettuata la registrazione.

Il microfono, innestato nella boccola 1°, capta i suoni e trasforma questi in impulsi di tensione, proporzionali all'ampiezza dei suoni stessi. Questi impulsi di tensione vengono applicati alla griglia della prima sezione della V2. Detta griglia è polarizzata con una tensione di — 1,5 volt rispetto al catodo mediante il gruppo di polarizzazione automatica composto da una resistenza da 2,2 KΩ ed un condensatore di 0,01 μF.

L'impulso, amplificato, viene prelevato dal circuito di placca della prima sezione della V2 e tramite il condensatore di accoppiamento di 0,01 μF è convogliato ad un partitore di tensione, formato da una resistenza fissa di 220 KΩ e da una resistenza variabile da 0,5 MΩ. Quest'ultima è il regolatore di volume che viene comandato con la manopola 5. Mediante questo potenziometro viene regolata l'ampiezza del segnale da applicare alla seconda sezione della V2, che ha il compito di amplificare ulteriormente il segnale.

Dallo schema si nota che il catodo della prima sezione della V2 è collegato a massa attraverso un condensatore di 25 μF. La connessione alla massa sussiste solo in fase di registrazione. Questo collegamento permette lo sfruttamento delle qualità amplificatrici della valvola anche per i toni più bassi, dando così un maggior responso in frequenza ed una maggior sensibilità per uguali tensioni microfoniche sulla griglia.

Dal circuito di placca della seconda sezione della V2, tramite il condensatore di accoppiamento da 0,01 μF, il segnale viene convogliato alla seconda sezione della V3, la quale funziona da amplificatrice e da invertitrice di fase. Dal circuito di placca della seconda sezione della V3, attraverso il condensatore da 0,025 μF, il segnale viene convogliato alla prima sezione della V4 e precisamente alla sua griglia, polarizzata con una tensione di — 9 volt rispetto al catodo di 270 ohm.

Infine dal punto *T* del circuito di placca, attraverso il condensatore di accoppiamento di 0,01 μF e la rete d'integrazione formata da una resistenza di 220 K e da tre condensatori rispettivamente da 100 pF, 250 pF e 250 pF e mediante il collegamento formato da 2C e 1C (in posizione *L*), il segnale perviene al punto *U* e passa quindi attraverso la testina magnetica nella quale si crea il campo magnetico varia-

bile, che produce la magnetizzazione del nastro. La via di passaggio è offerta dalla commutazione *4C* (in posizione *R*) collegata alla massa.

Il catodo della seconda sezione della *V3* con il partitore di tensione formato da una resistenza da 2,2 KΩ, ed una da 24 KΩ è collegato tramite il condensatore da 0,025 μF alla griglia della seconda sezione della *V4*, polarizzata a — 9 volt rispetto al catodo. Mediante questo collegamento il segnale (tensione catodica) amplificato è pure presente, in opposizione di fase, nel circuito anodico della seconda sezione della *V4*. Quest'ultimo segnale, prelevato dal punto O, attraverso il condensatore da 0,01 μF e la resistenza da 220 KΩ è presente sulla griglia della *V5*, occhio magico, e permette di regolare, mediante le oscillazioni dell'ombra verde, il tasso di modulazione, aumentando o diminuendo il volume.

Per evitare distorsioni nella registrazione, e quindi nella riproduzione, alla testina magnetica, insieme alla tensione a frequenza fonica, viene inviata anche una tensione a frequenza supersonica (45 000 c/s). Questa frequenza viene prodotta solo durante la registrazione ed è generata dall'oscillatore locale, prima sezione della *V3*.

Poichè l'estremo superiore della resistenza *S*, posta nel circuito di catodo della prima sezione della *V3*, risulta collegata a massa quando il commutatore *1A* è in posizione *L*, ne consegue che la corrente catodica non trova che una piccolissima resistenza lungo il suo cammino, per cui tutto si svolge come se praticamente il catodo fosse direttamente collegato a massa.

Essendo la griglia connessa a massa viene a trovarsi a potenziale zero rispetto al catodo. Con ciò vengono costituite le necessarie condizioni affinchè la valvola possa oscillare. Dopo un periodo transitorio di brevissima durata, il condensatore da 1 000 pF, con la resistenza da 22 KΩ, si troverà caricato ad una tensione di — 45 volt.

Queste oscillazioni a frequenza supersonica, prelevate dal capo superiore *E* della bobina di oscillazione attraverso il condensatore da 160/250 pF, vengono convogliate al punto *U* e quindi alla testina di registrazione seguendo lo stesso percorso del segnale, sovrapponendosi alle oscillazioni a frequenza fonica, così da garantire poi una riproduzione esente da distorsioni.

Contemporaneamente, attraverso l'accoppiamento induttivo, tra la bobina *L* ed *L1*, una parte di tensione a frequenza supersonica viene inviata alla testina di cancellazione che vi crea il campo variabile necessario per ottenere la completa smagnetizzazione del nastro. Poichè durante la registrazione la testina di cancellazione precede quella di registrazione, all'atto della nuova incisione ogni registrazione precedente viene annullata ed il nastro è così pronto per ricevere una nuova incisione. Per quanto riguarda la registrazione radio, essa viene eseguita con l'abbassare il tasto 2 « RADIO ». Con questa operazione le commutazioni *2A*, *2B*, *2C* vengono portate contemporaneamente sulla posizione di lavoro *L*.

Tutto il processo elettrico avviene nel modo descritto per la registrazione da microfono; l'unica differenza consiste nel fatto che essendo il segnale radio molto più intenso di quello microfonico, esso viene portato sulla griglia della seconda se-

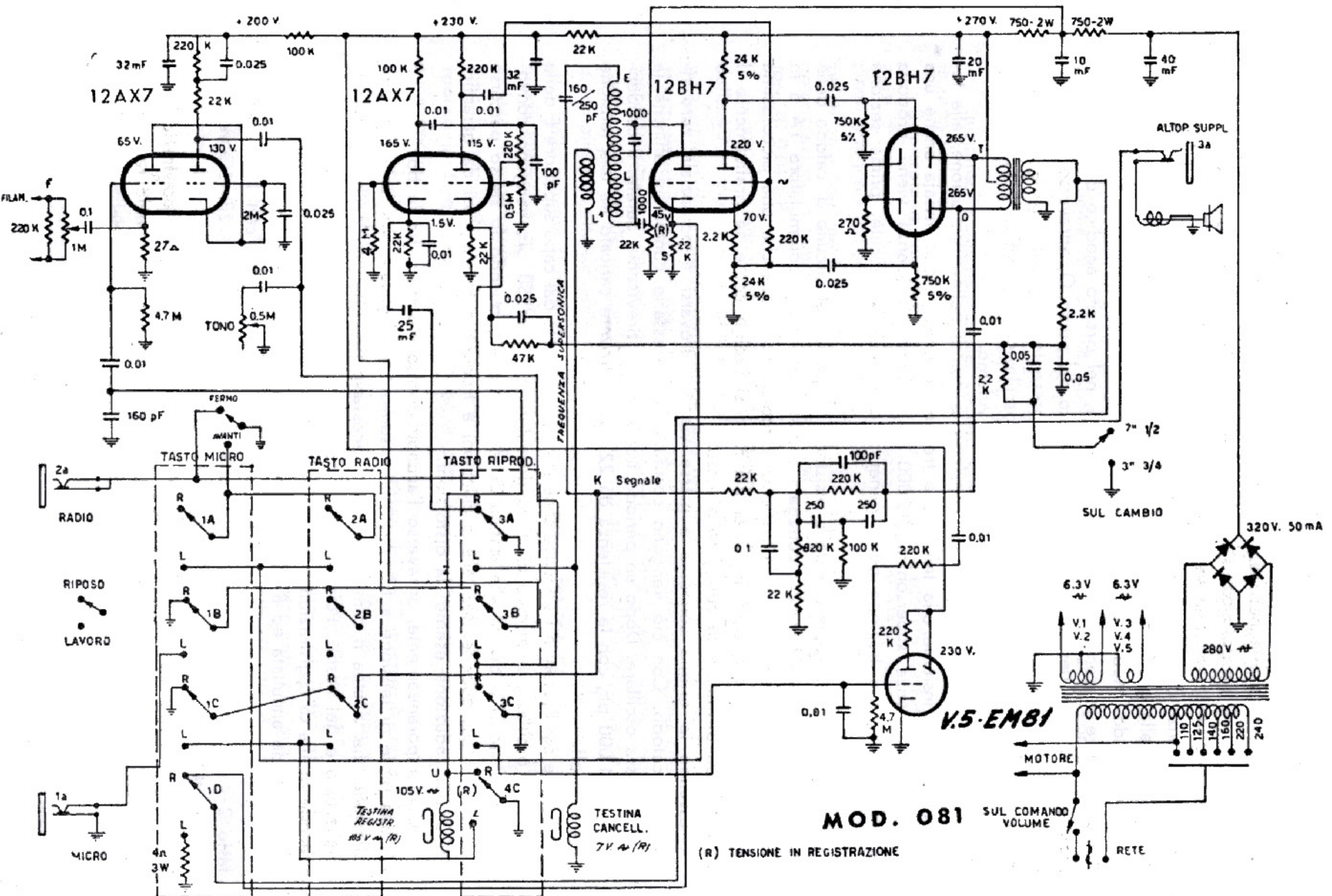


Fig. 15.6. - Schema del magnetofono CGE mod. 081.

zione della V2, anzichè sulla prima, e viene utilizzata solo la tensione presente ai capi del potenziometro anzichè dell'intero partitore di tensione. Per il resto tutto rimane come per la registrazione da microfono.

Per la registrazione di dischi viene adoperato lo stesso procedimento con cui si effettua quella da radio.

Come è ben visibile dallo schema, durante la fase di registrazione da microfono, venendo la commutazione *1D* a trovarsi in commutazione *L*, l'altoparlante viene automaticamente escluso, così da evitare possibilità di innesco. Per tale occasione è previsto un carico artificiale, costituito da una resistenza da 4 ohm, 3 watt, così da mantenere, pur con altoparlante escluso, le stesse condizioni di carico.

In fase di registrazione da radio e da dischi, l'altoparlante rimane invece incluso; ciò costituisce un vantaggio, specialmente nel caso di registrazione di dischi, in quanto si ha la possibilità di usufruire dell'amplificatore del microfono, e ciò permette di ascoltare la riproduzione del disco mentre si registra.

RIPRODUZIONE.

La riproduzione di quello che si è registrato avviene mediante l'abbassamento del tasto 3 « ASCOLTO ». Con tale manovra le commutazioni *3A*, *3B*, *3C*, *4C*, vengono portate in posizione *L*. La testina magnetica di registrazione in questa fase funziona da « pick-up », cioè da rivelatore magnetico. In queste condizioni le tensioni indotte dal nastro magnetico sulla testina vengono applicate alla griglia della prima sezione della V1.

Questa valvola è circuitale come « cascode » ciò che consente applicazioni sensibili con un guadagno maggiore e con un maggior rapporto segnale/disturbo. Il rumore di fondo viene poi ridotto al minimo mediante il gruppo *F*, collegato al catodo della prima sezione della V1. Il segnale amplificato viene prelevato dal circuito di placca della seconda sezione della V1, e tramite un condensatore da 0,01 μF viene convogliato attraverso la commutazione *3B* alla griglia della prima sezione della V2. Attraverso gli stessi elementi circuitali esaminati nella fase registrazione, il segnale perviene alla seconda sezione della V3, amplificatrice e invertitrice di fase per il pilotaggio dello stadio finale controfase.

La prima sezione della V3 (sezione oscillatrice), in riproduzione non funziona, poichè le oscillazioni vengono impedite dall'alto valore di 22 KΩ, che polarizzando la griglia con una tensione negativa abbastanza elevata, impedisce l'innesco delle oscillazioni. In questo modo la testina di cancellazione non viene ad esercitare alcuna azione.

L'adozione dello stadio finale assicura una riproduzione esente da distorsioni, così da avere un'uscita fedele. Il secondario del trasformatore d'uscita, tramite la commutazione *1D*, in posizione *R*, alimenta la bobina mobile dell'altoparlante avente forma ellittica e, nonostante le sue piccole dimensioni, è particolarmente studiato per dare una risposta fedele e lineare su quasi tutta la gamma riprodotta, con un minimo di distorsione.

CIRCUITO DI REAZIONE.

Il cambio di velocità, oltre ad agire sulla rotazione delle bobine, consentendo una velocità maggiore o minore, comanda pure il circuito elettrico.

Dallo schema si vedono le due commutazioni relative alle due velocità, e precisamente quella relativa alla velocità minore (3" 3/4 = 9,5 cm/s) con connessione alla massa, e quella relativa alla velocità maggiore (7" 1/2 = 19 cm/s) che connette il circuito di reazione negativa dal secondario del trasformatore d'uscita al catodo della seconda sezione della V2. Con quest'ultima connessione, venendo convogliata una reazione al catodo di quest'ultima sezione, si ottiene alla velocità di 19 cm/s una ancor maggiore fedeltà di registrazione e quindi di riproduzione, consentendo in tal modo una risposta lineare anche per le più alte frequenze.

ALIMENTAZIONE.

L'alimentazione è ottenuta tramite un trasformatore che adatta l'apparecchio per tutte le tensioni impiegate in Italia, e al cui secondario è collegato un raddrizzatore a ponte formato da quattro raddrizzatori al selenio, alla cui uscita è presente una tensione positiva rispetto alla massa di 320 volt. Il filtraggio della corrente raddrizzata è ottenuto mediante 5 condensatori rispettivamente di 40, 10, 20, 32 + 32 μF e da un certo numero di resistenze, le quali provvedono anche ad adattare il valore della tensione e quello di polarizzazione della placca delle varie valvole.

Registratore magnetico a nastro Geloso mod. G 250-N.

CONTROLLI. — I controlli sono i seguenti:

a) registrazione-ascolto;

b) motore fermo (0) - avanti a 19 cm/s - riavvolgimento - avvolgimento rapido;

c) controllo di volume;

d) controllo di tono con interruttore rete.

VALVOLE E CIRCUITO. — La fig. 15.8 riporta lo schema elettrico complessivo del registratore a nastro Geloso mod. G. 250-N. Le valvole impiegate sono complessivamente nove, con le seguenti funzioni:

12AT7 — Preamplificatrice di tensione per il microfono o la testina magnetica;

12AX7 — Per i due stadi di amplificazione ad audiofrequenza;

6C4 — Amplificatrice finale per la registrazione;

1/2 12AU7 — Invertitrice di fase (audio);

2 6V6 — Per lo stadio finale in controfase (audio);

1/2 12AU7 — Rettificatrice per l'indicatrice di modulazione;

6E5 — Indicatrice di modulazione;

6V6 — Oscillatrice supersonica;

6X5 — Raddrizzatrice di tensione-rete.

Durante la registrazione sono inserite le seguenti valvole: la 12AT7 preamplificatrice, il doppio triodo 12AX7 ed il triodo finale 6C4 collegato alla testina magnetica; sono pure inserite l'oscillatrice 6V6 e le due valvole per l'indicazione di modulazione.

Durante la riproduzione sono invece inserite la preamplificatrice 12AT7, l'amplificatrice 12AX7, l'invertitrice di fase 1/2 12AU7, le finali 6V6 in controfase.

Il filamento della valvola preamplificatrice 12AT7 è alimentato in continua anzi-



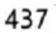
Fig. 15.7. - Magnetofono Geloso mod. G. 250-N.

Magnetofono
G. 250 · N
(S.p.A. GELOSO - Milano)

Fig. 15.8. - Schema elettrico del registratore a nastro Geloso G. 250-N.

REGISTRATORE G. 255-S

Fig. 15.9. - Schema del magnetofono Geloso G. 255S (prima serie).



REGISTRATORE G.255·S G.255·U G.254

FREQUENZA RETE 50 Hz

(50C p. AZ. GELOSO-Milano)

	G.255-S	G.255-U
R1	68K	47K
C1	200pF	1000pF
C2	500pF	2000pF
Motore	255/26	255/130

— RESISTENZA R2 TARATA IN PRODUZIONE VARIA DA 33KΩ A 68KΩ
— TENSIONI IN POSIZIONE ASCOLTO
— TENSIONI TRA ( ) IN POSIZ. REGISTAZ.
— RESISTENZA R3 TARATA IN PRODUZIONE VARIA DA 10 A 75KΩ
— COLLEGAM.---- NON ESISTONO NEL G.255-U

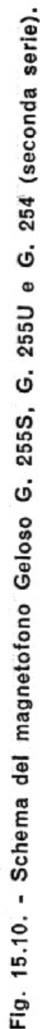


Fig. 15.10. - Schema del magnetofono Geloso G. 255S, G. 255U e G. 254 (seconda serie).

chè in alternata per evitare il possibile ronzio di fondo. A tale scopo il trasformatore di alimentazione è provvisto di un secondo avvolgimento separato al quale è collegato un raddrizzatore con due elementi a selenio, disposti a ponte insieme con due condensatori elettrolitici da 200 microfarad.

Durante la riproduzione è inserito un circuito compensatore del ronzio di fondo; esso provvede ad applicare una ridottissima tensione alternata in opposizione di fase per annullare la traccia di tensione alternata e quindi il ronzio.

RESPONSO. — Con il controllo di tono in posizione intermedia, il responso è di ± 3 dB entro la gamma di frequenze da 65 a 9 000 c/s, mentre è di ± 6 dB nella gamma da 40 a 12 000 cicli.

CONSUMO. — Con apparecchio acceso e motore fermo, il consumo è di 55 VA, con il motore avviato a velocità normale è di 92 VA, e con riavvolgimento o avvolgimento rapido è di 120 VA.

Piccoli magnetofoni Geloso modd. 254 e 255.

Il piccolo magnetofono Geloso realizzato nei tre modelli G 254, G 255/S e G 255/U, è adatto per soddisfare le esigenze dei radioascoltatori che desiderano completare il loro apparecchio radio con il registratore magnetico (mod. G 254), e

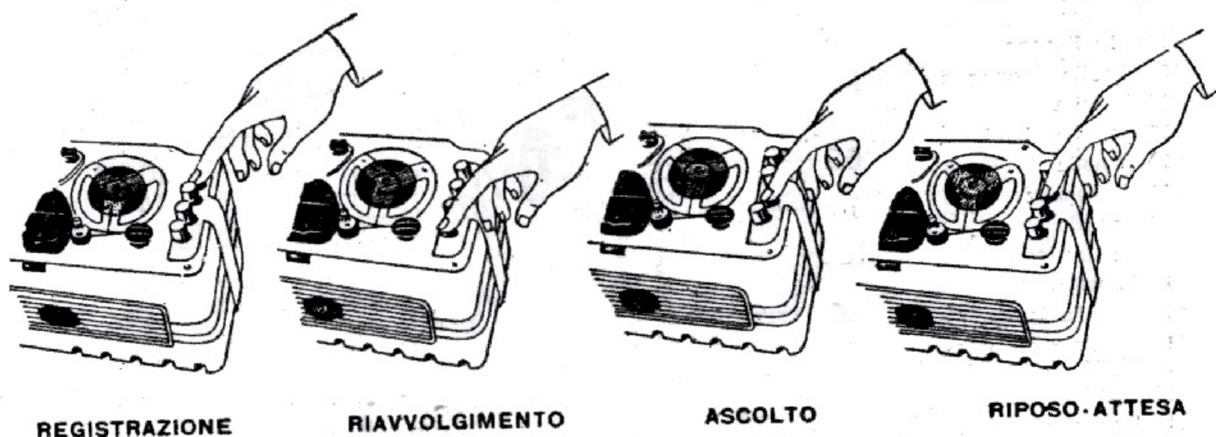


Fig. 15.11. - Comandi a pulsanti del magnetofono Geloso mod. G. 255.

inoltre per consentire registrazioni di voci e musica con media fedeltà (mod. G 255/S), nonchè per essere utilizzato negli uffici, per la dettatura della corrispondenza (mod. G 255/U).

Le figg. 15.9 e 15.10 riportano due schemi della parte elettronica, quello della prima serie e quello della seconda serie.

I comandi principali sono ottenuti con quattro pulsanti; sono i seguenti: registrazione, ascolto, riavvolgimento e attesa.

La fig. 15.12 illustra quale sia la disposizione delle varie parti del complesso meccanico.

53 Ghiera marcia indietro
55 Ruota, bussola, ruota piccola
56 Leva
57 Basetta
59 Portabobine
65 Portabobine, disco frizione
68 Supporto volano, grani del supporto, cappucci, perni
70 Schermo
72 Camme per frizione
74 Testina completa di cavo e spina
77 Molla
78 Molla
80 Molla
82 Molla
86 Ancora, filo
87 Cappucci
90 Colonna supporto
92 Nottolino
93 Nottolino
94 Perno
95 Perno
101 Pernetto fissatestina
102 Viti fissaggio
103 Anello fermaglio
104 Ranella
105 Ranella elastica
106 Ranella
106 A Ranella
107 Ranella
109 Controdado
111 Ranella
112 Ranella isolante
113 Feltrino di pressione
116 Rondella
119 Rondella elastica di fermo
120 Rondella elastica di fermo
122 Rondella elastica di fermo
123 Contropunta di nylon per volano
133 Ranella
134 Ranella
135 Ranella
136 Dado
143 Vite ferro 1/8 × 10
144 Vite ferro 1/8 × 6
145 Vite ferro 1/8 × 7
148 Dado ottone da 1/8

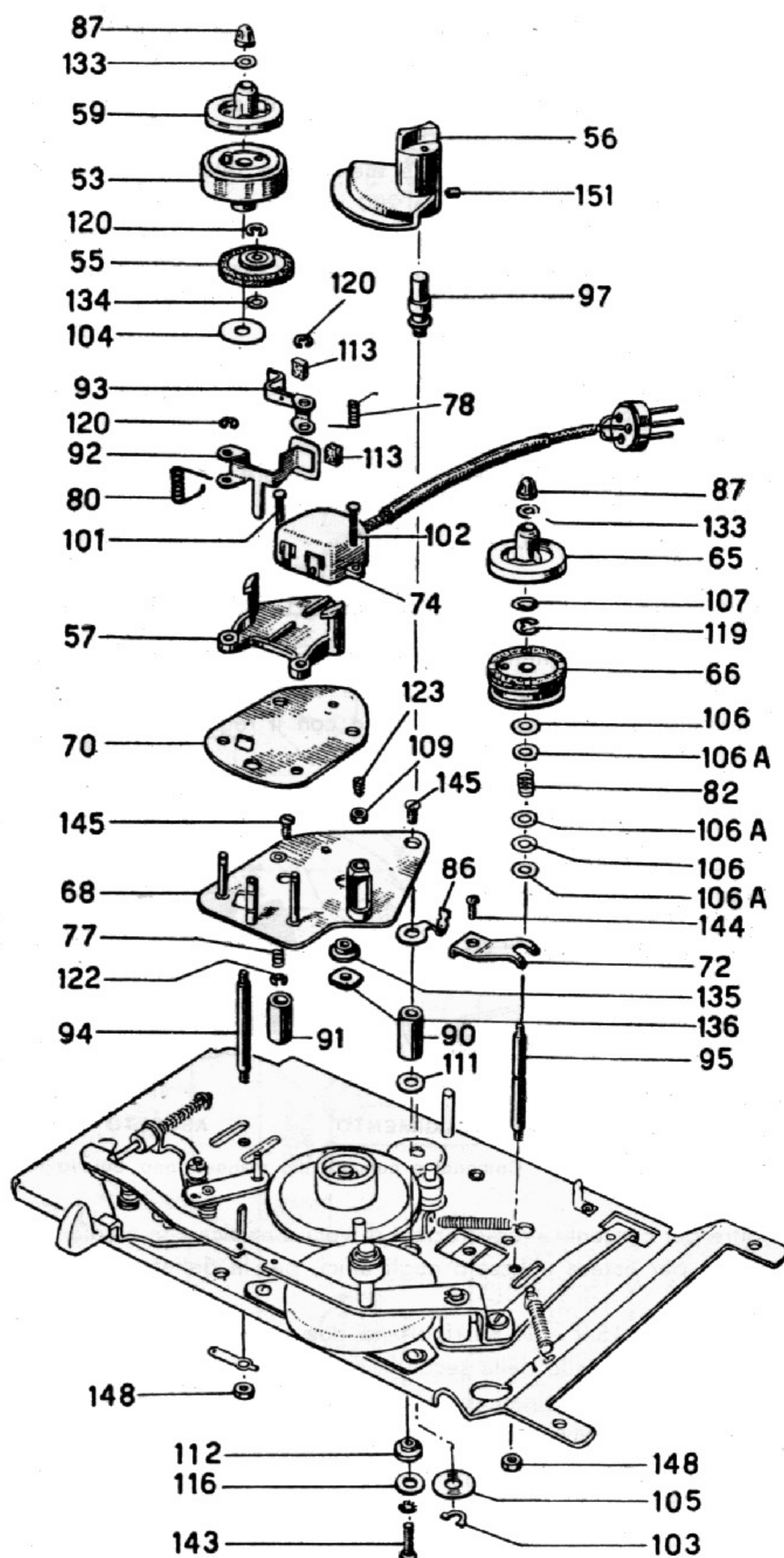


Fig. 15.12. - Ruotismi sulla parte superiore del pannello del magnetofono Geloso mod. G. 255.

La valvola finale provvede all'amplificazione di potenza durante l'ascolto e alla generazione della tensione BF supersonica durante la registrazione.

Controlli: avanti (due velocità) - avanti rapido (4 volte più veloce della velocità di registrazione) - riavvolgimento rapido (8 volte più veloce della velocità di registrazione) - cambio di velocità - volume di suono - cambio tensioni di rete- indicatore di livello della modulazione.

Velocità del nastro: mod. G. 255-S: 4,75 e 9,5 cm/s; mod. G. 255-U: 4,75 e 5,5 cm/s con arresto e avvio istantanei.

Registrazione: su metà nastro (due piste).

Durata della registrazione: con la velocità di 4,75 cm/s, inversione della bobina e nastro normale (tipo « N »): 60 minuti primi; con nastro sottile (tipo « LP »): 80 minuti - con la velocità di 5,5 cm/s, inversione della bobina e nastro normale (tipo « N »): più di 50 minuti; con nastro sottile (tipo « LP »): più di 60 minuti - con la velocità di 9,5 cm/s, inversione della bobina e nastro normale (tipo « N »): 30 minuti; con nastro sottile (tipo « LP »): 40 minuti.

Risposta alle frequenze: alla velocità di 5,5 cm/s da 100 a 4 500 Hz; alla velocità di 9,5 cm/s da 80 a 6 000 Hz.

Attacchi: per microfono o per pick-up - per cuffia o per amplificatore esterno.

Dimensioni d'ingombro: larghezza cm 25; altezza cm 15; profondità cm 14.

Peso netto circa: kg 3,450.

Registratore magnetico Geloso G. 258.

Appartiene ai piccoli magnetofoni con bobine da 5 pollici e 260 metri di nastro, a doppia traccia. È a tre velocità: 2,38 cm/s, 4,75 cm/s e 9,5 cm/s.

La fig. 15.13 riporta lo schema della parte elettronica di questo registratore. Funziona con due valvole doppio-triodo 12AX7, un pentodo finale 6AQ5, una indicatrice di sintonia EM84 e un gruppo rettificatore a selenio. All'atto della registrazione, i due triodi della prima 12AX7 nonchè uno dei triodi dell'altra 12AX7 provvedono a tre stadi d'amplificazione BF. Il microfono risulta collegato all'entrata del primo triodo, mentre la testina magnetica risulta collegata all'uscita del terzo triodo.

Il quarto triodo è usato quale diodo rettificatore all'entrata della valvola indicatrice di profondità di modulazione. Il pentodo 6AQ5 funziona da oscillatore supersonico.

All'atto della riproduzione (ascolto), i tre primi triodi hanno lo stesso scopo di provvedere all'amplificazione del segnale proveniente dalla testina magnetica, mentre il pentodo 6AQ5 provvede all'amplificazione finale. Il quarto triodo e l'indicatrice di sintonia non sono inseriti.



Fig. 15.13. – Schema della parte elettrica del registratore Geloso G. 258.



Fig. 15.14. – Componenti della parte elettronica del registratore Geloso G. 258.

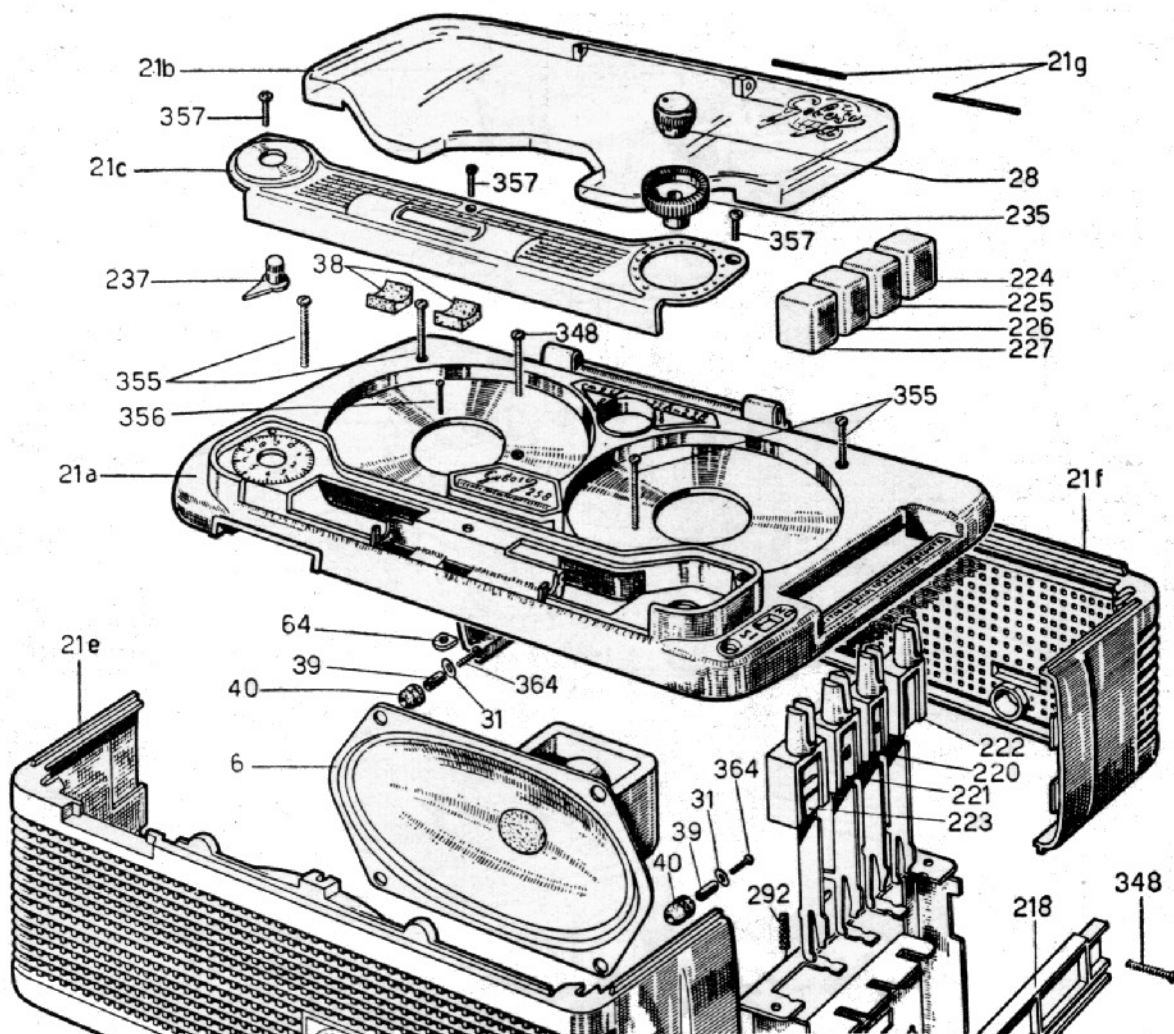


Fig. 15.15. – Componenti esterni del registratore Geloso G. 258.

La corrente di polarizzazione della testina magnetica è di 0,28 ampere.

La fig. 15.14 riporta l'aspetto esterno della parte elettronica del registratore.

La fig. 15.15 illustra i pannelli, la custodia, i comandi esterni e l'altoparlante del registratore, mentre la fig. 15.16 ne illustra la parte meccanica, motorino e ruotismi.

Magnetofono da ufficio Grundig Stenorette.

Un esempio di piccolo magnetofono, adatto per il lavoro di ufficio, e particolarmente per la dettatura della corrispondenza, è quello illustrato dalla fig. 15.17. Si tratta di un modello Grundig, lo Stenorette.

Le dimensioni di questo magnetofono sono ridotte al minimo, per facilitarne l'im-

Fig. 15.16. – Componenti i ruotismi del registratore Geloso G. 258.



Fig. 15.17. - Magnetofono da ufficio Grundig mod. Stenorette.

piego negli uffici. Esso va posto, come indica la figura, a sinistra della macchina da scrivere, affinchè la dattilografa possa agire sia sul carrello della macchina, sia sui comandi del magnetofono.

È a una sola velocità, quella media di 6 centimetri al secondo, essendo tale velocità bene adeguata alla registrazione e alla riproduzione della voce. La velocità iniziale, quando il nastro è all'inizio, è di 4,9 cm/s; la velocità finale, a fine nastro, è di 6,3 cm/s; la variazione di velocità dipende dalla variazione del diametro della bobina.

La durata di registrazione è di 25 minuti. La durata del riavvolgimento del nastro è brevissima; l'intera bobina di nastro può venire riavvolta in 56 secondi.

Il magnetofono viene comandato con cinque tasti: uno per l'avvolgimento (registrazione o riproduzione), uno per il riavvolgimento, uno per la dettatura, uno per l'ascolto, e uno per il fermo. I due comandi di ascolto e fermo sono a destra, quindi dal lato della macchina da scrivere, per facilitarne l'uso. Un accessorio consente di

rendere più rapido il comando da parte della dattilografa; esso va aggiunto alla macchina da scrivere e consiste di un telecomando a tre tasti. In tal modo la dattilografa batte sui tasti del magnetofono come se appartenessero alla macchina da scrivere.

L'ascolto avviene con un auricolare, posto nell'orecchio sinistro.

La fig. 15.18 illustra il meccanismo di trasporto del nastro e le due teste magnetiche, una per la registrazione/riproduzione e l'altra per la cancellazione. Il porta-

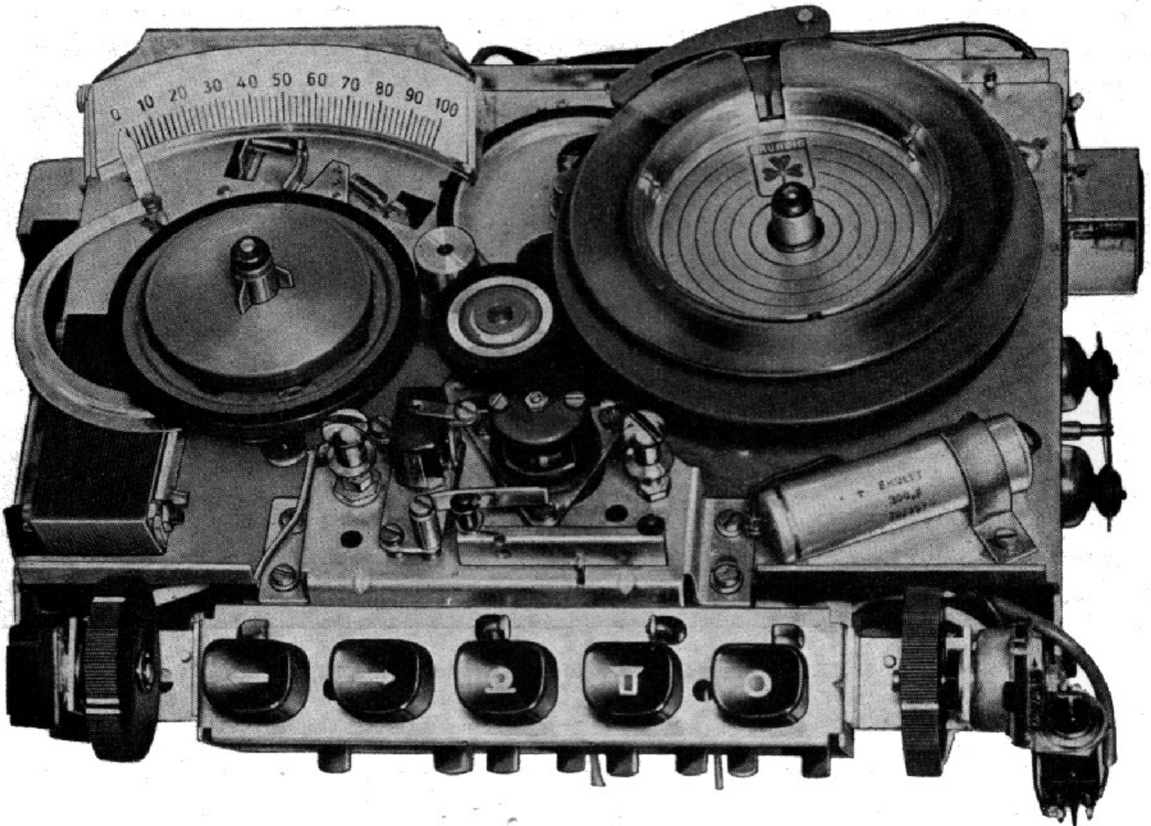


Fig. 15.18. - Componenti sopra il pannello dello Stenorette.

bobina serbatoio è a sinistra; quello per la bobina di registrazione/riproduzione è a destra.

I relè di comando, molto importanti nei magnetofoni di questo tipo, date le frequentissime inversioni di movimento del nastro, funzionano con corrente continua a 25 volt. La corrente continua è ottenuta da una sezione dell'alimentatore, corrispondente a un apposito avvolgimento del trasformatore di tensione e a un gruppo di rettificatori a selenio, posti a ponte. La stessa tensione continua alimenta anche la testa di cancellazione.

PARTE ELETTRONICA DEL STENORETTE.

La fig. 14.1 (cap. XIV) riporta lo schema di principio del magnetofono Stenorette, quando si trova in posizione « ascolto ». La testa magnetica si trova in tal caso accoppiata al preamplificatore tramite un trasformatore adattatore, essendo la stessa a bassa impedenza. Il preamplificatore consiste di due valvole, una EF804 all'entrata e una EBF80 all'uscita. È usata una EBF80 per poter disporre di una tensione di controllo automatico da applicare all'entrata della valvola precedente, in modo da ottenere una regolazione automatica della modulazione.

Lo stadio finale comprende una metà di un doppio triodo ECC82. L'apparecchio non è provvisto di altoparlante; una presa consente la sua eventuale inserzione. L'alimentatore anodico comprende un gruppo di rettificatori a selenio.

All'entrata del preamplificatore vi è in questo caso il microfono, collegato allo stesso trasformatore d'entrata, al posto della testa magnetica, in quanto si tratta di microfono a bobina mobile, con impedenza di 50 ohm. Dalla placca della mezza ECC82, dello stadio finale, la tensione BF è trasferita alla testa magnetica. L'altra mezza ECC82 è presente nello stadio oscillatore a bassa frequenza; la tensione BF è inviata alla testa magnetica.

Lo stadio oscillatore BF fornisce una corrente oscillante BF di 1,45 mA; la frequenza è compresa tra 15 000 e 20 000 c/s; è regolabile mediante un nucleo di ferro, avvitabile.

La testa magnetica fornisce una corrente BF la cui intensità è, in media, di 80 microampere. La gamma di frequenze registrabile va da circa 300 a circa 4 500 c/s. La frequenza di risonanza è a 3 800 c/s, essendo le frequenze più elevate di più difficile registrazione. Alla frequenza di risonanza, la corrente BF fornita dalla testa magnetica è di 260 microampere.

L'ampiezza del segnale BF all'uscita dello stadio finale è di 400 millivolt.

La fig. 15.19 riporta lo schema elettrico complessivo del magnetofono Grundig Stenorette. Si può notare che i circuiti di compensazione sono inseriti nel circuito di placca della EF804, e che alla mezza ECC82 in funzione di oscillatrice, la tensione di placca è sempre presente; è il circuito di catodo di tale valvola che viene aperto durante l'ascolto e chiuso durante la registrazione. La tensione supersonica viene applicata alla sola testa magnetica di registrazione.

Registratore magnetico a nastro Grundig mod. TK 819.

Il registratore magnetico a nastro Grundig mod. TK 819, di cui la fig. 15.20 riporta l'aspetto esterno, è del tipo a inversione automatica della corsa del nastro.

La cancellazione e la premagnetizzazione sono ottenute con un segnale di circa 40 chilocicli.

Il registratore funziona a due velocità, quella di 19 cm e quella di 9,5 cm; alla velocità alta possono venir registrate audiofrequenze da 40 a 13 000 cicli, e da 40 ad 8 000 alla velocità inferiore.

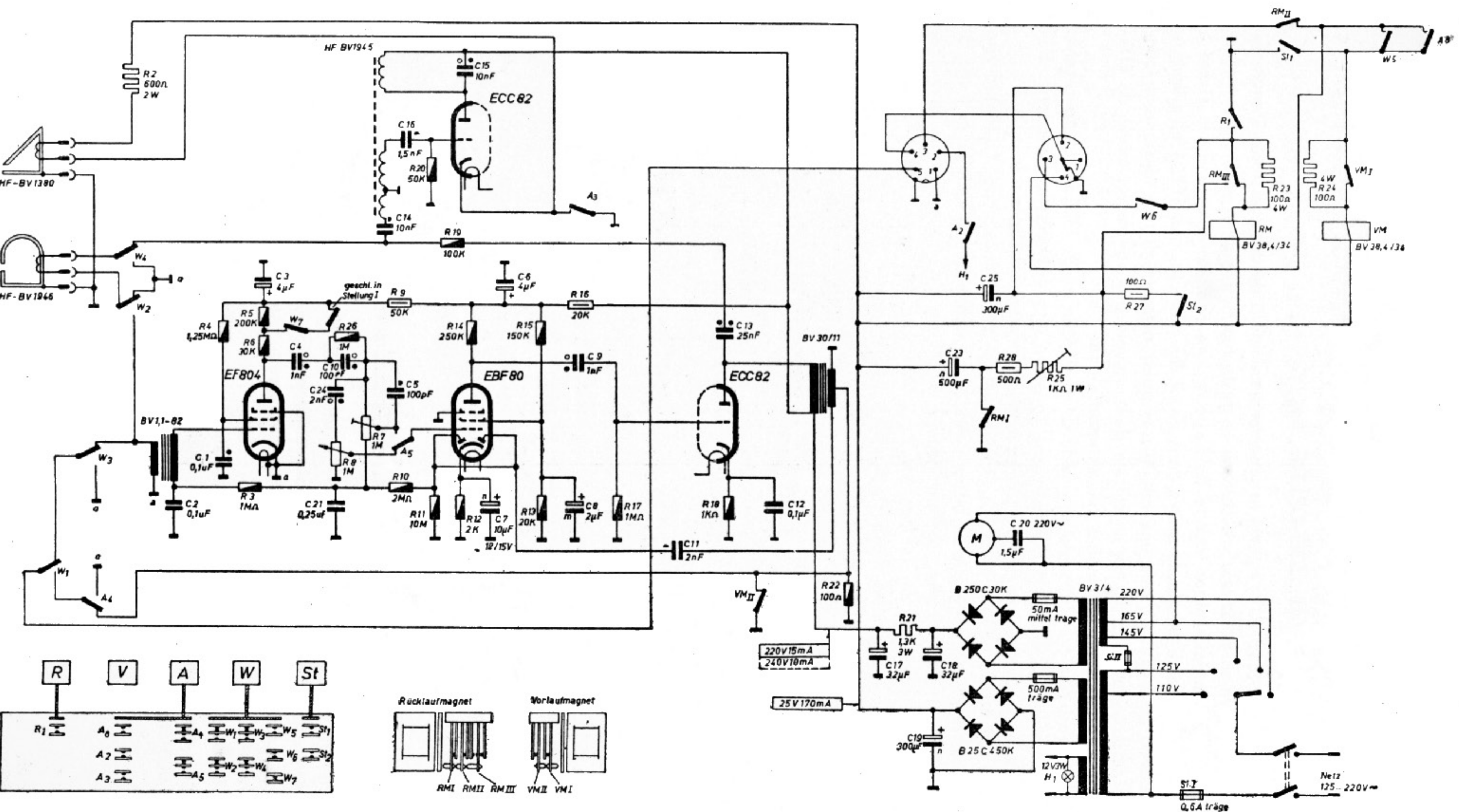


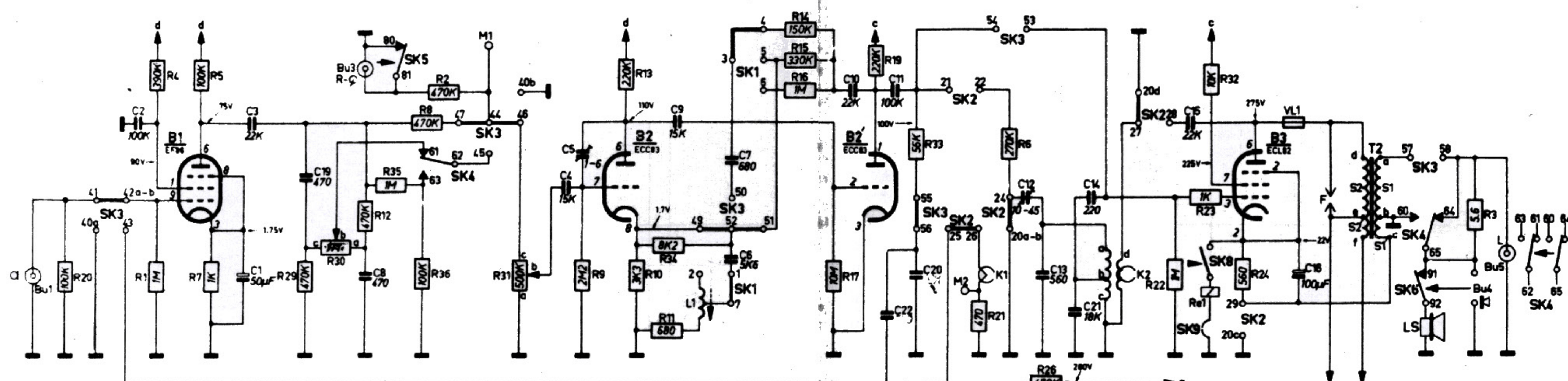
Fig. 15.19. - Schema del registratore Stenorette.

I 1 Aperto dai tasti

K1 Comandato dal tasto

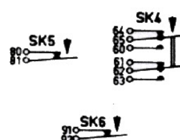
K2-I2 Comandati dal selettore di velocita'

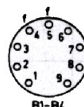
TAVOLA I — Schema completo del registratore magnetico Lesa mod. Renas A2.



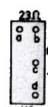
DRAWN IN POSITION
STOP

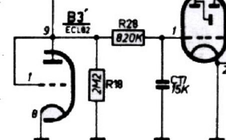
STOP	0	0	19cm/s 7½"
(recording)	▼	0	9.5cm/s 3¾"
(playback)	0	▼	4.75cm/s 1⅞"
	SK2	SK3	SK1

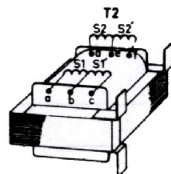




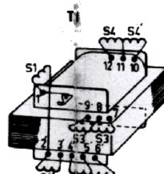




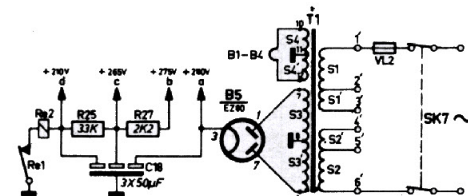


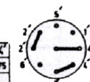


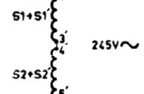
	S1	S1'	S2	S2'
W	89	192	3100	236
Ω	0.62	37.5	773	



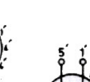
	S1	S1'	S2	S2'	S3	S3'	S4	S4'
V	110	14.5	110	14.5	280	280	3.75	3.75
Ω	40		43		990		0.27	

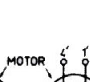




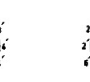










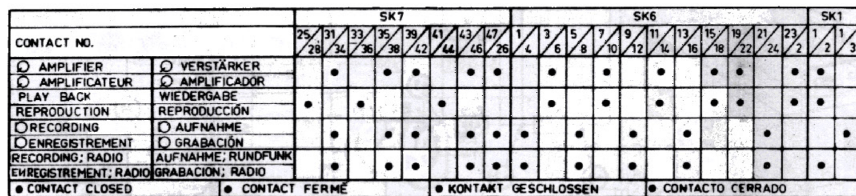






C 320 ¾

TAVOLA II — Schema del magnetofono Philips mod. EL 3516.



	SK7								SK6											SK1	
CONTACT NO.	25/28	31/34	33/36	35/38	39/42	41/44	43/46	47/26	1/4	3/6	5/8	7/10	9/12	11/14	13/16	15/18	19/22	21/24	23/2	1/2	1/3
AMPLIFIER / VERSTÄRKER / AMPLIFICATEUR / AMPLIFICADOR		●		●	●		●	●		●		●		●		●	●		●	●	
PLAY BACK / WIEDERGABE / REPRODUCTION / REPRODUCCIÓN	●		●			●				●		●		●		●	●		●	●	
RECORDING / AUFNAHME / ENREGISTREMENT / GRABACIÓN		●		●	●		●	●	●		●		●		●			●			●
RECORDING; RADIO / AUFNAHME; RUNDFUNK / ENREGISTREMENT; RADIO / GRABACION; RADIO		●		●	●		●	●	●		●		●		●			●		●	

● CONTACT CLOSED ● CONTACT FERMÉ ● KONTAKT GESCHLOSSEN ● CONTACTO CERRADO

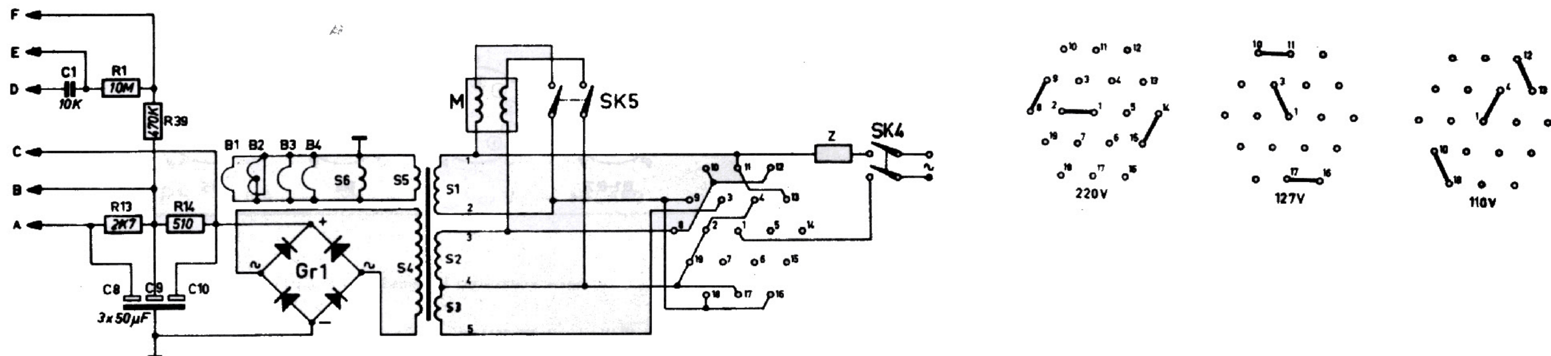
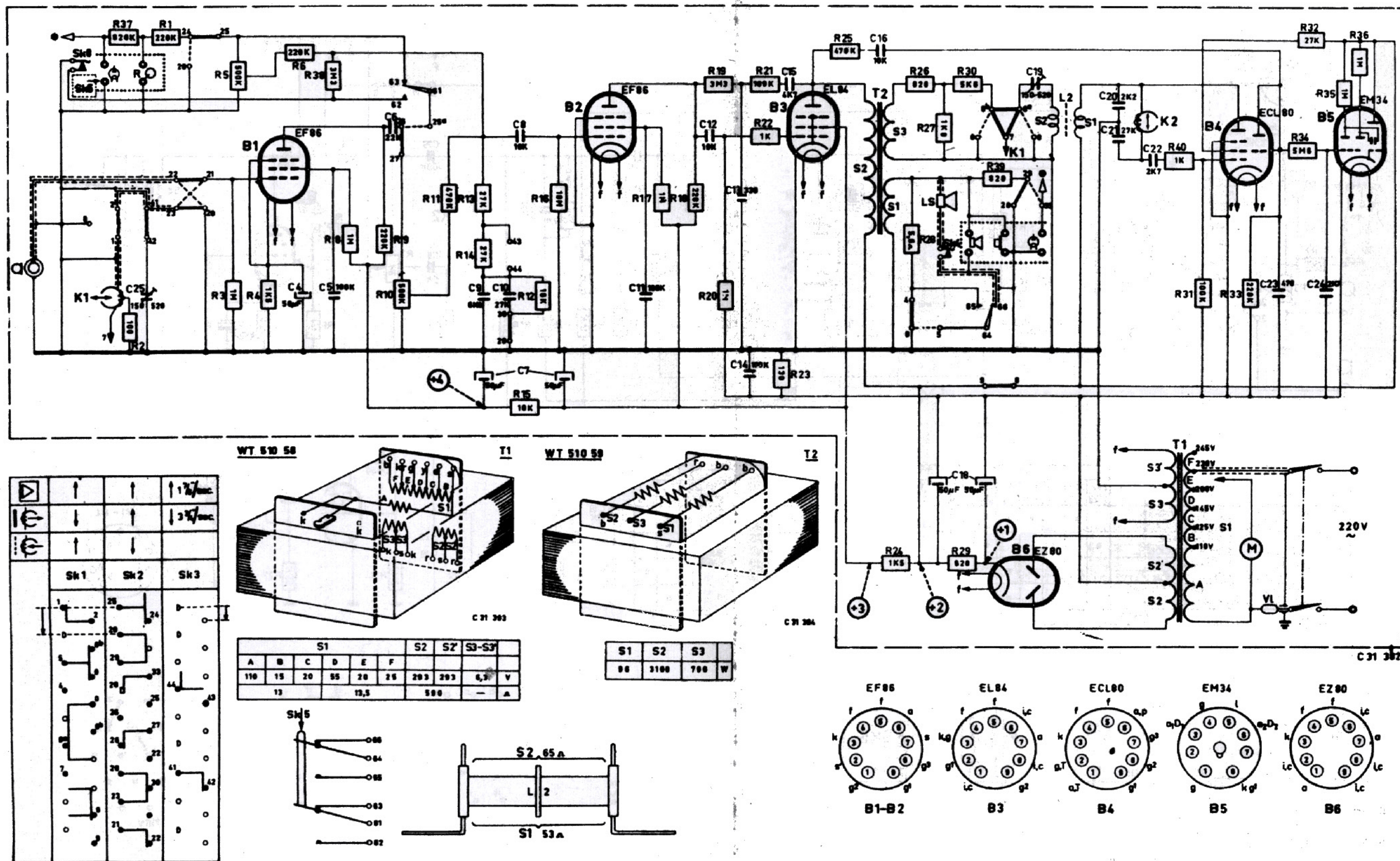


TAVOLA III — Schema della parte elettronica del registratore magnetico Philips mod. EL 3520.

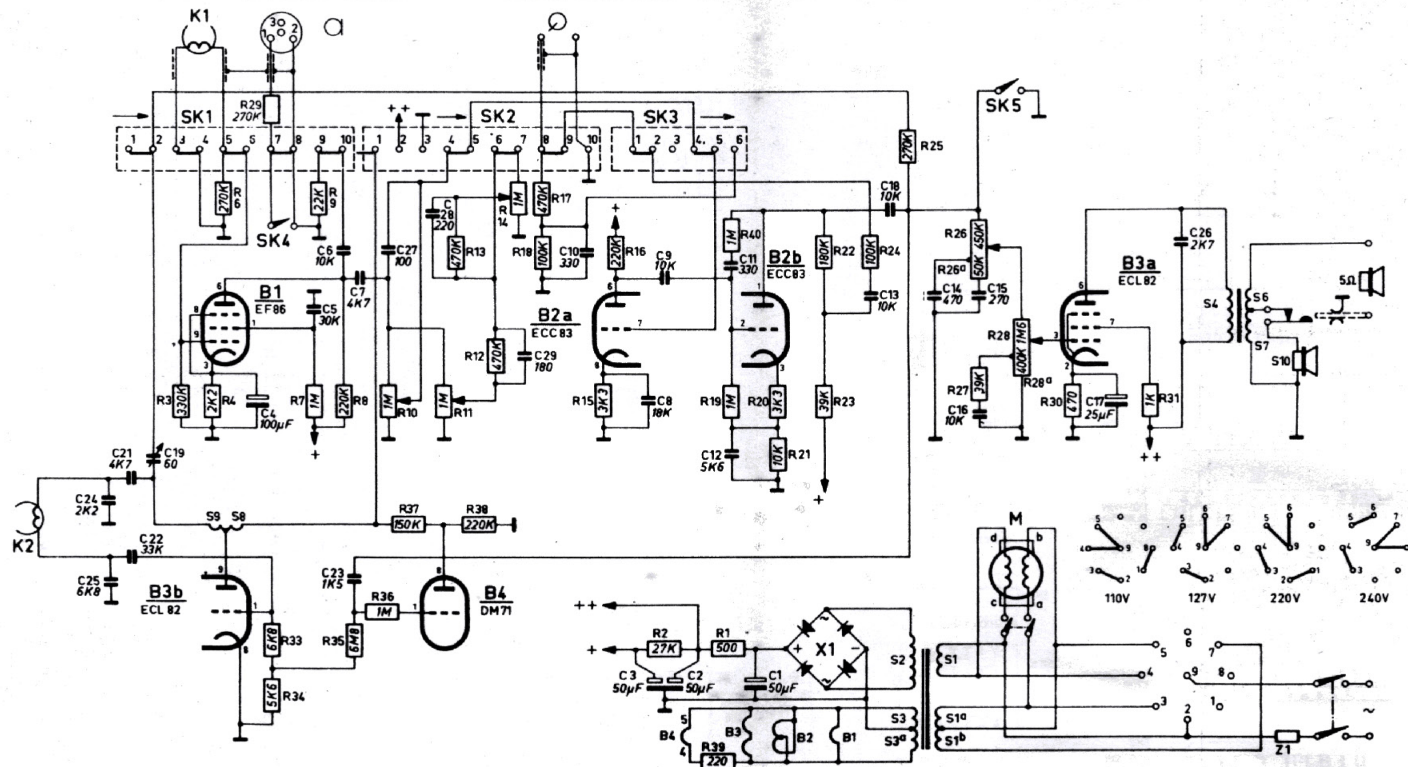


S1						S2	S2'	S3-S3'	
A	B	C	D	E	F				
110	15	20	55	20	25	293	293	6,3	V
13			13,5			500		—	A

S1	S2	S3	
90	3100	700	W

TAVOLA IV — Schema della parte elettronica del registratore magnetico Philips mod. EL 3511-02.

S:	9. 8. 2,3 3ª 1. 1ª 1ᵇ 4. 6.7. 10.
C:	24.25.21.22.19. 4. 5. 6. 7. 23. 27. 28. 29. 10. 3. 9. 8. 2. 12. 11. 1. 13. 18. 14. 16. 15. 17. 26.
R:	3. 4. 6. 29.33.34. 7. 9. 8. 35. 36. 10. 37. 11. 13. 38. 12.14.17. 18. 15. 16. 2. 3. 1. 19. 40. 20. 21. 22. 23. 24. 25. 26.26ª 27. 28. 28ª 30. 31.



PHILIPS S.p.A. - Sezione RADIO TV - MILANO   **Scheima di principio - Registratore EL 3527**

TAVOLA V — Schema del registratore magnetico a doppia pista, con miscelazione ingressi, velocità nastro 9,5 cm/s, Philips mod. EL 3527.

Schema di principio REGISTRATORE EL 3542

B1 EF86
B2 ECC83
B2'
B3 ECL82
B3'
B4 EM81
B5 EZ80
B1-B5

SK3

SK3 POSITION: STOP

SK3 POSITION: PLAY BACK

SK2

SK2 POSITION STOP

SK2 POSITION RECORDING

SK1

SK1 POSITION 7 1/2" (19cm/sec)

SK1 POSITION: 3 3/4" (9.5cm/sec)

SK1 POSITION: 1 7/8" (4.75cm/sec)

SK10

SK10

SK8

K1 K101 K2 K102

L1

T1

S1	S1'	S1"	S2	S2'	S2"	S3	S3'	S4	S4'	
110	11	3.3	110	11	3.3	285	285	3.75	3.75	V
40			43			1080		0.27		Ω

T2

S1	S1	S2	S2	
3.5	7.6	122	9.3	V
0.62	37.5	773		Ω

R 190 69

PAPER CAPACITOR 400V 10% 906/

CERAMIC CAPACITOR 700V 2% 904/

WIRE TRIMMER 907/

CARBON RESISTOR 1W 10% 900/

CARBON RESISTOR 1/2W 2% 901/

CARBON RESISTOR 1/2W 10% 902/

PHILIPS S.p.A. Sezione RADIO TV MILANO

TAVOLA VI — Schema del registratore magnetico a quattro piste, con due testine magnetiche per registrazione stereofonica, Philips mod. EL 3542.



Fig. 15.20. - Registratore a nastro Grundig, mod. TK 819.

PARTE ELETTRICA DEL REGISTRATORE.

La parte elettrica è illustrata dallo schema di fig. 15.21 ed è formata dal gruppo di commutatori a tastiera, da quattro relè, dai circuiti di amplificazione e di alimentazione.

COMMUTATORI A TASTIERA. — In questi comandi sono compresi i sette tasti per le varie funzioni, il bottone rosso, che blocca il tasto di registrazione (Aufnahme) ed il bottone nero, che sospende momentaneamente il funzionamento dell'apparecchio sia in registrazione che in ascolto. Questo bottone aziona un commutatore che è tarato in modo da mettere a massa in un primo tempo l'uscita ad audiofrequenza e quindi far sì che venga interrotta la corrente che va all'elettromagnete.

RELÈ. — Sono del tipo a bassa tensione, funzionando con una tensione di 25 V CC, eccetto il relè A che funziona con una tensione di circa 45 volt.

AMPLIFICAZIONE AD AUDIOFREQUENZA E CIRCUITI DI ALIMENTAZIONE.

L'amplificatore funziona sia in registrazione che in riproduzione. Eventualmente può essere usato quale normale amplificatore per audiofrequenza. Premendo il tasto *Aufnahme* (*registrazione*) o quello *Wiedergabe* (*riproduzione*), entrano in funzione quei circuiti che servono per ciascuno delle due operazioni.

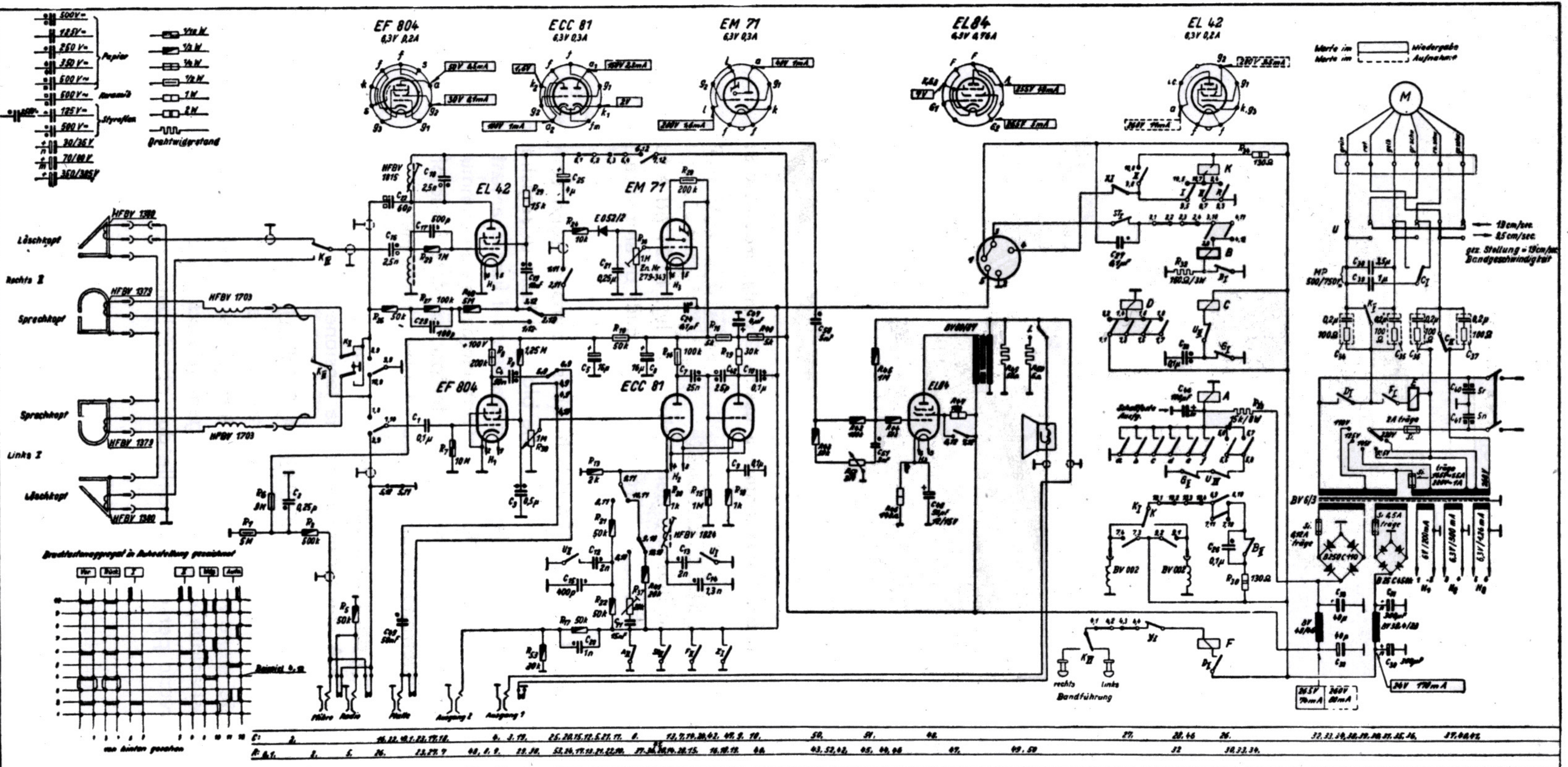


Fig. 15.21. - Schema del registratore a nastro Grundig, mod. TK 819.

TRADUZIONI DEI TERMINI TEDESCHI USATI NEGLI SCHEMI

Abschalter = Interruttore
Andruckmagnet = Magnete di trazione
Andruckrolle = Rullino di pressione
Antriebsrriemen = Cinghia di trasmissione
Aufnahme = Registrazione
Aufsprechstrom = Tensione di registrazione
Ausganggsübertrager = Trasformatore di uscita
Draht-Wiederstand = Resistenza a filo
Fernbedienung = Telecomando
Fliehkraftschalter = Commutatore centrifugo
Führungsbolzen = Guidanastro
Hör-Sprechkopf = Testina di registraz. riproduz.
Hubmagnet = Magnete di pressione
Keram. Kondensator = Condensatore in ceramica
Kunstfolienkondensator = Condensatore styroflex
Kupplungen = Frizioni
Links (L) = Sinistra
Löschkopf = Testina di cancellazione
Netzauschluss = Presa di tensione rete
Netztrafo = Trasformatore di rete
Papierkondensator = Condensatore a carta
Rechts (R) = Destra
Ruhestellung = Posizione di riposo
Rücklauf = Ritorno rapido
Schnellstop = Arresto temporaneo
Schichtwiederstand = Resistenza chimica
Spannung = Tensione
Spannungswähler = Cambiatensione
Spule = Bobina
Spur = Traccia
Strom = Corrente
Trockegleichrichter = Raddrizzatore al selenio
Verstärker = Amplificatore
Von hinten gesehen = Visti da dietro
Vorlauf = Avanzamento rapido
Wert = Valore
Wiedergabe = Riproduzione
Wiederstand = Resistenza

Registratore Lesa mod. Renas A/2.

Appartiene alla categoria dei piccoli magnetofoni con bobine da 5 pollici, e tre velocità: 2,38 cm/s, 4,74 cm/s e 9,5 cm/s. La fig. 15.22 ne illustra l'aspetto esterno.

La parte elettronica funziona con tre valvole: due doppi triodi ECC83 e un triodo-pentodo ECL82, più la indicatrice di profondità di modulazione EM81. All'atto della registrazione, i due triodi della ECC83 nonchè il triodo della ECL82 provvedono a tre stadi di amplificazione BF, all'entrata dei quali vi è il microfono e all'uscita la testina magnetica. All'entrata della indicatrice di modulazione vi è un diodo al germanio OA81, con il compito di provvedere alla rettificazione della tensione BF.

Il registratore è provvisto di due entrate e di due uscite. Le due entrate si riferiscono: *a*) entrata per microfono o radio e *b*) entrata per fono. La sensibilità all'entrata *a*) è di 1 mV; l'altra è di 50 mV.

La fig. 15.23 illustra i vari comandi, prese, ecc. sopra il pannello del registratore, e il loro uso.

La sottostante tabella riporta i tempi di durata e le gamme di risposta, relativi alle tre velocità del nastro:

Tre velocità	cm/sec	2,38	4,76	9,53
Durata di registrazione:				
nastro normale (m 180)	minuti	2 × 120	2 × 60	2 × 30
nastro sottile (m 270)	minuti	2 × 180	2 × 90	2 × 45
Gamma di risposta	Hz	300 ÷ 3600 (gamma telefonica)	50 ÷ 7000	50 ÷ 12000

Lo schema della parte elettronica del registratore è riportato dalla tavola I.

Lo schema è disegnato in posizione riproduzione (*r*). In alto a sinistra è indicato il compensatore di velocità, a quattro posizioni. Il relativo commutatore è comandato direttamente dall'inversore di velocità, il quale consente di passare dall'una all'altra delle tre velocità di corsa del nastro. Il compensatore consiste di due circuiti distinti, uno di pre-compensazione inserito durante la riproduzione, e l'altro di post-compensazione, inserito durante l'incisione (*i*).

Al centro, in alto, sono indicate le due testine magnetiche; quella di cancellazione (*X*) e quella di incisione/riproduzione (*I*).

A sinistra, in basso, è indicata la presa per il microfono, con circuito equalizzatore.



Fig. 15.22. – Aspetto esterno del registratore Lesa mod. Renas A-2.

La prima valvola è un triodo. È uno dei due triodi della ECC83. Alla sua entrata vi è l'inversore riproduzione (*r*)/incisione (*i*). È collegato al secondo triodo, all'entrata del quale vi è il controllo di volume P_1. Segue un terzo triodo amplificatore di tensione, costituito da una sezione della valvola ECL82. La sua uscita può venir collegata o all'entrata del pentodo finale, in fase di riproduzione, oppure al circuito a frequenza supersonica, in fase di incisione.

Il pentodo finale provvede alla duplice funzione di amplificatore di potenza (riproduzione) e di oscillatore supersonico (incisione). L'autotrasformatore del circuito

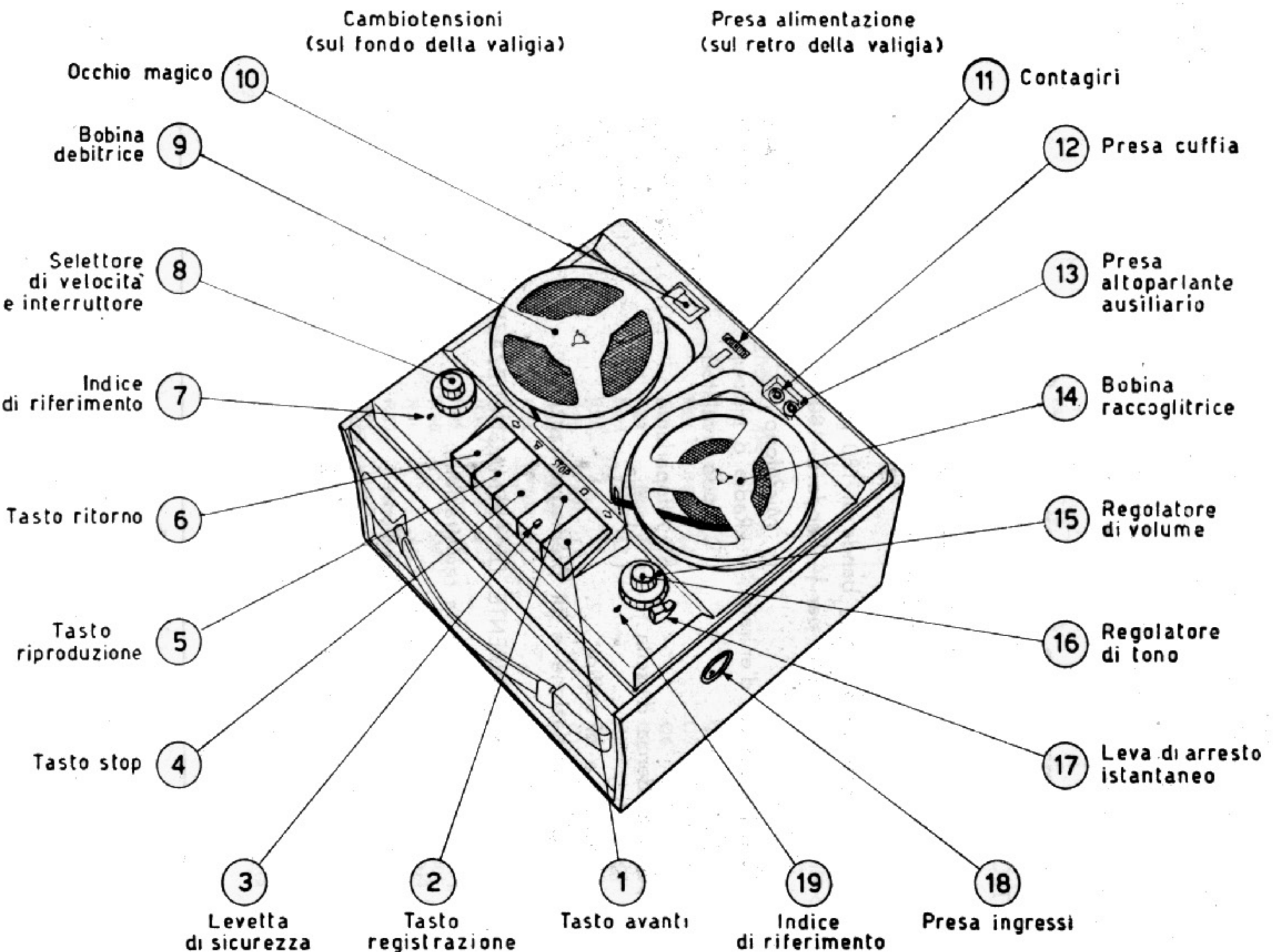


Fig. 15.23. – Componenti esterni e comandi del registratore Renas A-2.

supersonico è indicato con T_3. Il condensatore CV_1 è un semifisso variabile da 30 a 150 pF, per la regolazione della frequenza supersonica.

All'atto dell'incisione, il terzo triodo è collegato con la testina magnetica tramite il condensatore C_{12} e la resistenza R_{17}. Alla testina giunge la frequenza supersonica tramite CV_1.

Lo stadio finale è provvisto di circuito a controreazione, per attenuare la distorsione; consiste del condensatore C_{19} e della resistenza R_{21}.

Registratore magnetico Philips mod. EL 3511/02.

DATI TECNICI.

Velocità di riproduzione e di registrazione		9,5	4,75	cm/sec
Tempo di riproduzione e di registrazione per ½ banda di 180 m		2 × 30	2 × 60	min
Tempo di riavvolgimento per ½ banda di 180 m		2	4	»
Tempo di svolgimento rapido per ½ banda di 180 m		2	4	»
Sensibilità e impedenza d'entrata	Microfono	2 mV	1 MΩ	
	Radio o pick-up	200 mV	220 KΩ	
	Diodo rivelatore	600 mV	1 MΩ	
Potenza e impedenza d'uscita	Altoparlante	2,5 W	5,6 Ω	
	Cuffia		200 Ω	
Livello di ronzio e di soffio		< — 40 dB		
Frequenza di cancellazione e di premagnetizzazione		50 kc/s		

CONTROLLO DELLA CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE DI AF.

- Premere il bottone per la registrazione.
- Nessun segnale in entrata.
- Potenziometro al minimo di volume.
- Inserire il voltmetro a valvola fra le boccole « K » e « f » (v. figura in calce).
- Il voltmetro a valvola deve indicare un valore di 1,5 V.
- Ritoccare eventualmente C19 nel caso in cui la tensione di premagnetizzazione non sia 1,5 V.

VALVOLE.

B1 - EF86 preamplificatrice microfonica
B2 - EF86 preamplificatrice
B3 - EL84 amplificatrice BF
B4 - ECL80 oscillatrice AF e rivelatrice
B5 - EM34 occhio magico
B6 - EZ80 raddrizzatrice

TENSIONI ELETTRICHE.

	REGISTRAZIONE					RIPRODUZIONE		
	EF 86 (B1)	EF 86 (B2)	EL 84 (B3)	ECL 80 (B4)	EM 34 (B5)	EF 86 (B1)	EF 86 (B2)	EL 84 (B3)
Va	58	33	195	240	240	63	34	210
Vg2	60	47	230	170		65	48	235
Vk	1,15		5,7			1,26		6,4
+1	290					290		
+2	240					240		
+3	230					235		
+4	220					225		

COMPONENTI ELETTRICI (schema della Tav. IV).

R1	200	kΩ	
R2	100	Ω	
R3	1	MΩ	
R4	1500	Ω	
R5	500	kΩ	
R6	220	kΩ	
R8	1	MΩ	
R9	220	kΩ	
R10	500	kΩ	
R11	470	kΩ	
R12	18	kΩ	
R13	27	kΩ	
R14	27	kΩ	
R15	10	kΩ	
R16	10	MΩ	
R17	1	MΩ	
R18	220	kΩ	
R19	3300	kΩ	
R20	1	MΩ	
R21	100	kΩ	
R22	1000	Ω	
R23	130	Ω	
R24	1500	Ω	
R25	470	kΩ	
R26	820	Ω	
R27	1800	Ω	
R28	5,6	Ω	
R29	820	Ω	
R30	5600	Ω	
R31	100	kΩ	
R32	27	kΩ	
R33	220	kΩ	
R34	5600	kΩ	
R35	1	MΩ	
R36	1	MΩ	
R37	820	kΩ	
R38	3300	kΩ	
R39	820	Ω	
R40	1	kΩ	
C4	50	μF	
C5	0,1	μF	
C6	22 000	pF	
C7	50+50	μF	
C8	10 000	pF	
C9	6800	pF	
C10	27 000	pF	
C11	0,1	μF	
C12	10 000	pF	
C13	330	pF	
C14	0,1	μF	
C15	4700	pF	
C16	10 000	pF	
C18	50+50	μF	
C19	150—520	pF	
C20	2200	pF	
C21	27 000	pF	
C22	2700	pF	
C23	470	pF	
C24	2700	pF	
C25	150—520	pF	

Registratore magnetico Philips mod. EL 3516.

DATI TECNICI.

Velocità di registrazione e riproduzione	19	9,5	4,75	cm/sec.
	7 ½	3,3/4	1,7/8	pollici

Tempo di registrazione e riproduzione	19	9,5	4,75	cm.
con bobine 350 m (2 piste)	2 × 30	2 × 60	2 × 180	min.
con bobine 520 m (2 piste)	2 × 45	2 × 90	2 × 180	min.
Tempo di riavvolgimento				
per bobine di 350 m	2	2	2	min.
per bobine di 520 m	3	3	3	min.

Impedenza d'ingresso	
microfono	100 kΩ
pick-up o radio	800 kΩ
Sensibilità	
microfono	3 mV
pick-up o radio	330 mV
Potenza di uscita	2,5 W
Tensione di alimentazione	
110 V - 127 V - 220 V - 245 V	50-60 c/s
Livello di ronzio	migliore di — 40 dB
Frequenza di cancellazione e premagnetizzazione	41 ÷ 48 kHz

REGOLAZIONE DELLA TENSIONE DI PREMAGNETIZZAZIONE.

Premere uno dei tasti di velocità e quello per la registrazione.

Collegare il voltmetro a valvola (GM 6017) al punto di misura M 2.

Regolare C12 fino ad ottenere la massima deviazione dello strumento (> 130 mV, 41 ÷ 48 kHz).

VALVOLE.

B5 - EZ80	Raddrizzatrice.
B4 - EM81	Indicatrice profondità di modulazione.
B3 - ECL82	Finale di BF - oscillatrice - raddrizzatrice per negativo di griglia.
B2 - ECC83	Amplificatrice di BF.
B1 - EF86	Preamplificatrice per microfono.

COMPONENTI ELETTRICI (Schemi della Tav. II).

R1	1 MΩ	R23	1 kΩ	C1	50 μF
R2	470 kΩ	R24	560 Ω	C2	0,1 μF
R3	5,6 Ω	R25	33 kΩ	C3	22 000 pF
R4	390 kΩ	R26	470 kΩ	C4	15 000 pF
R5	100 kΩ	R27	2,2 kΩ	C5	1—6 pF
R6	270 kΩ	R28	828 kΩ	C6	5600 pF
R7	1 kΩ	R29	470 kΩ	C7	680 pF
R8	470 kΩ	R30	1 MΩ	C8	470 pF
R9	2,2 MΩ	R31	500 kΩ	C9	15 000 pF
R10	3,3 kΩ	R32	10 kΩ	C10	22 000 pF
R11	680 Ω	R33	56 kΩ	C11	0,1 μF
R12	470 kΩ	R34	8,2 kΩ	C12	45—10 pF
R13	220 kΩ	R35	1 MΩ	C13	560 pF
R14	150 kΩ	R36	100 kΩ	C14	220 pF
R15	330 kΩ			C15	22 000 pF
R16	1 MΩ			C16	100 μF
R17	10 MΩ			C17	15 000 pF
R18	2,2 MΩ			C18	50+50+50 μF
R19	22 kΩ			C19	470 pF
R20	100 kΩ			C20	330 pF
R21	470 Ω			C21	18 000 pF
R22	1 MΩ			C22	15 000 pF

Magnetofono Philips mod. EL 3520.

DATI TECNICI

Tensioni d'alimentazione	110-127-220 V f = 50 Hz
Consumo	45 W
Valvole	EF86 - ECC83 - EL84 - EM 80
Velocità di registrazione e riproduzione	9,5 cm/sec
Sensibilità di ingresso	microfono 3 mV
	radio 5 mV
	pick-up 200 mV
Potenza di uscita	3 W
Impedenza di uscita	5 Ω
Frequenza di premagnetizzazione e cancellazione	45 kHz

REGOLAZIONE DELLA CORRENTE DI PREMAGNETIZZAZIONE

1) Togliere lo schermo dalla testina di registrazione-riproduzione.

2) Inserire una resistenza da 100 Ω ± 2 % in serie con l'avvolgimento della testina (lato a massa); collegare ai capi di questa resistenza un millivoltmetro elettronico (GM 6015).

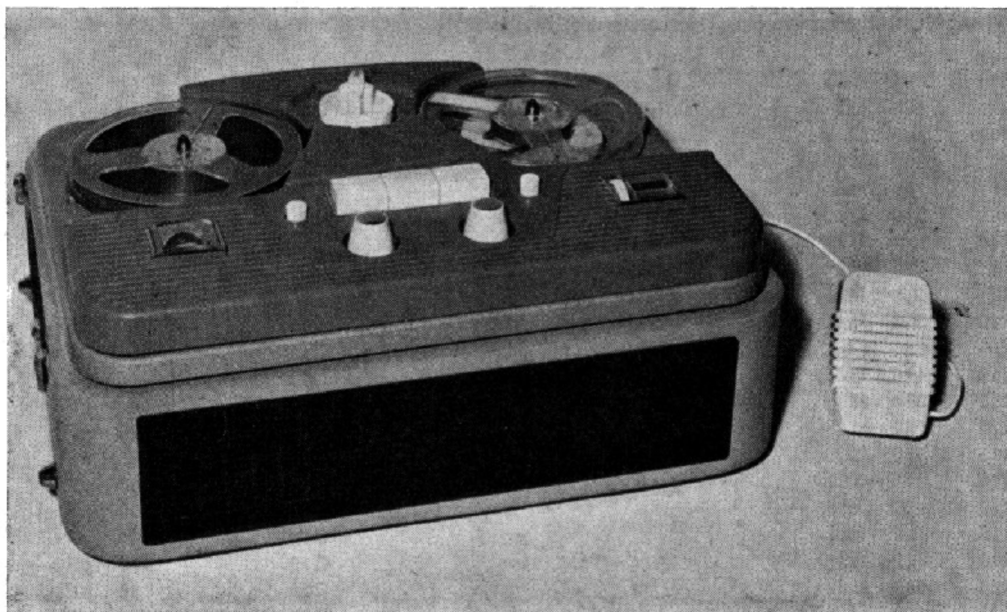


Fig. 15.24. - Magnetofono EL 3520 Philips.

3) Disporre i fili di collegamento più lontano possibile dalla testina di cancellazione, e con il registratore predisposto nella posizione « pick-up » e comando di modulazione al minimo.

4) Agire sul trimmer C3 sino ad ottenere una deviazione pari a 17 mV sul millivoltmetro elettronico (GM 6015).

REGOLAZIONE DELLA TESTINA DI REGISTRAZIONE-RIPRODUZIONE

È necessario disporre di un nastro magnetico campione realizzato registrando un segnale, proveniente da un oscillatore BF, a 5 000 Hz di 100 mV costanti:

1) Inserire a mezzo di una spina, nella presa altoparlante supplementare, una resistenza da 5 Ω. Collegare ai capi di questa resistenza un voltmetro elettronico (GM 6015).

2) Togliere lo schermo dalla testina di registrazione-riproduzione.

3) Montare il nastro campione e predisporre il registratore per la riproduzione.

4) Sistemare opportunamente la testina K_1, con potenziometro di volume tutto incluso, sino ad ottenere la massima tensione d'uscita.

5) Controllare il libero scorrimento del nastro e serrare successivamente le viti.

REGOLAZIONE DELL'INDICATORE DI MODULAZIONE

1) Predisporre l'apparecchio per la registrazione « pick-up » con comando profondità di modulazione al massimo e comando volume di riproduzione al minimo.

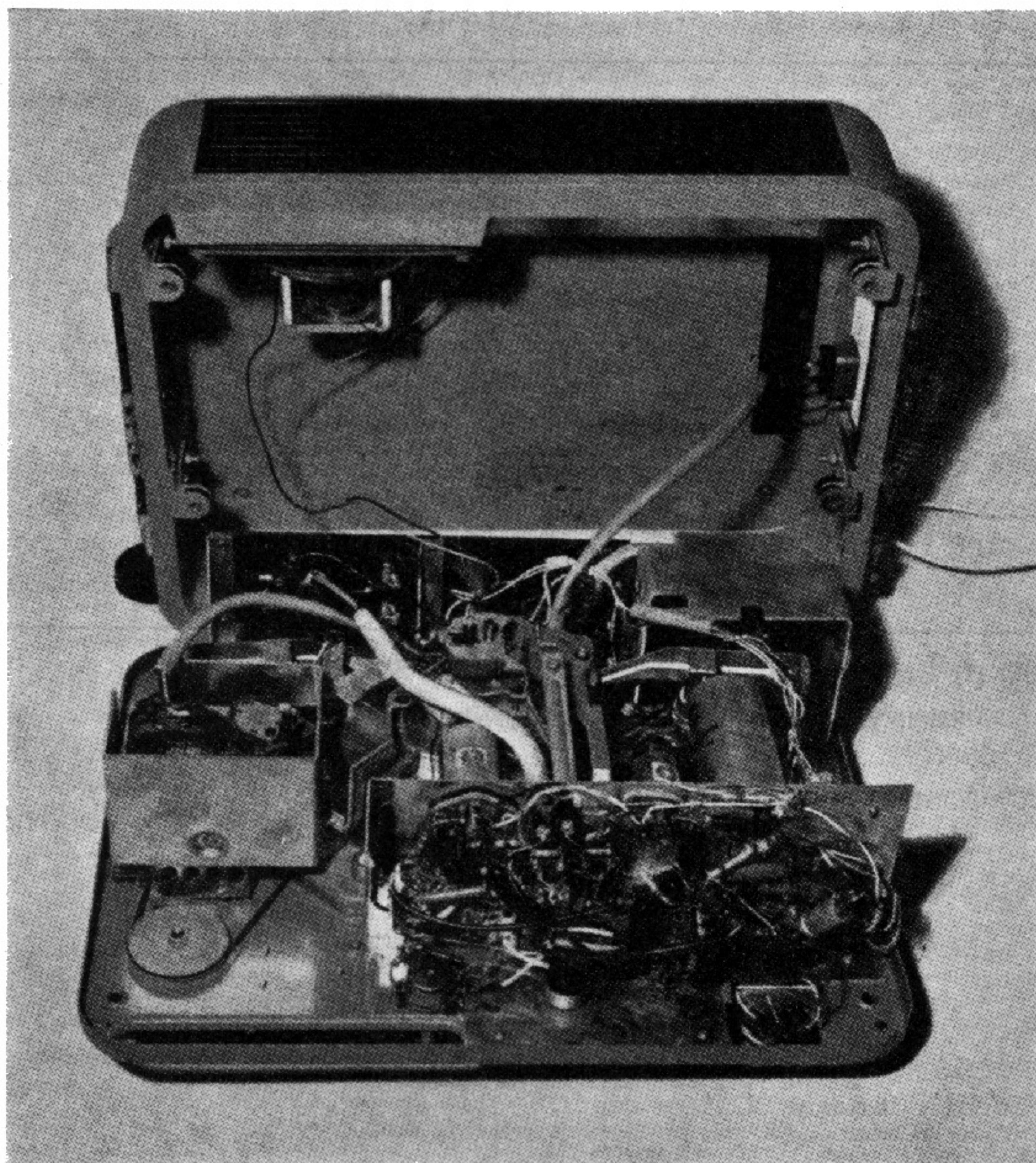


Fig. 15.25. – Componenti interni del magnetofono Philips mod. EL 3520.

2) Collegare il voltmetro elettronico alla griglia controllo di B4. Applicare un segnale a 1 000 Hz alla presa « pick-up » e regolarne l'ampiezza sino ad ottenere una indicazione pari a — 4 V.

3) Regolare il potenziometro R38 (sotto la placca di plastica) in modo che inizi la deviazione dei settori fluorescenti dell'indicatore.

TENSIONI E CORRENTI.

Punto di misura	Tolleranza	Registrazione (volt)	Riproduzione (volt)	Strumento
Tensione di C 10	5%	286	267	1
Tensione di C 9	5%	277	250	1
Tensione di C 8	5%	249	228	1
Tensione di C 17	10%	120	110	2
Va di EL 84	5%	231	232	2
Vk di EL 84	10%	2,8	7,5	2
Vg2 di EL 84	5%	224	228	2
Va di EM 80	30%	55	10	2
V1 di EM 80	15%	140	130	2
Va di EF 86	25%	42	40	2
Vg2 di EF 86	20%	42	40	2
Va di ECC 83a	10%	83	77	2
Vk di ECC 83a	15%	0,62	0,45	2
Va di ECC 83b	10%	178	164	2
Vk di ECC 83b	15%	1,4	1,25	2
Intensità totale di corrente continua	10%	16,1 mA	33 mA	1

1 = Bobina mobile minimo a 500 Ω/V. 2 = Voltmetro elettronico.

Tutte le tensioni continue sono riferite allo châssis.

COMPONENTI ELETTRICI (Schema della Tav. III).

C1	10.000 pF	C13	10.000 pF	S1	700 Sp.
C2	27.000 pF	C14	5.000 pF	S2	700 Sp.
C3	60 pF	C15	100.000 pF	S3	114 Sp.
C4	6.800 pF	C16	100.000 pF	S4	1.540 Sp.
C5	1.500 pF	C17	100.000 pF	S5	45 Sp.
C6	5.000 pF	C18	10.000 pF	S6	45 Sp.
C7	100 μF	C19	100.000 pF	S7	3.000 Sp.
C8	50 μF	C20	10 μF	S8	95 Sp.
C9	50 μF	C21	1.500 pF	S9	910 Sp.
C10	50 μF	C22	100.000 pF		
C11	10.000 pF	C23	1.500 pF		
C12	25.000 pF	C25	5.000 pF		

R1	10 MΩ	R14	510 Ω	R27	56 kΩ
R2	1.800 kΩ	R15	100 kΩ	R28	100 kΩ
R3	22 kΩ	R16	100 kΩ	R29	1 MΩ
R4	10 kΩ	R17	22 kΩ	R30	330 kΩ
R5	100 kΩ	R18	33 kΩ	R31	2 kΩ
R6	47 kΩ	R19	270 kΩ	R32	2 kΩ
R7	1 MΩ	R20	56 kΩ	R33	1 MΩ
R8	1 kΩ	R21	10 MΩ	R34	3.300 kΩ
R9	1 MΩ	R22	470 kΩ	R35	4.700 Ω
R10	220 Ω	R23	470 kΩ	R36	470 kΩ
R11	2.700 Ω	R24	100 kΩ	R37	330 kΩ
R12	100 kΩ	R25	10 kΩ	R38	100 kΩ
R13	2.700 Ω	R26	47 kΩ	R39	470 kΩ

Registratore magnetico Philips mod. EL 3527.

Appartiene alla categoria dei registratori con bobine da 7 pollici, ad una sola velocità, quella di 9,5 cm/s. Le bobine contengono 180 metri di nastro normale o 260 metri di nastro sottile. La durata di registrazione è di 2 volte 30 minuti, o di due volte 45 minuti. Il nastro è a doppia traccia.

La tavola V riporta lo schema della parte elettronica di questo registratore. Funziona con quattro valvole, più il gruppo di rettificatori a selenio, a ponte. Il compito delle valvole è il seguente:

valvola B_1 EF86 . . . . . preamplificatrice BF;
valvola B_2 ECC83 . . . . preamplificatrice BF;
valvola B_{3a} E(C)L82 . . . . amplificatrice finale;
valvola B_{3b} EC(L)82 . . . . oscillatrice supersonica;
valvola B_4 DM71 . . . . indicatrice di profondità di modulazione.

REGOLAZIONE DELLA TENSIONE DI PREMAGNETIZZAZIONE.

Togliere lo schermo dalla testina di registrazione/riproduzione.

Inserire una resistenza da 1000 $\Omega \pm 1\%$ in serie con l'avvolgimento della testina (lato a massa); collegare i capi di questa resistenza ad un millivoltmetro elettronico (GM 6005).

Disporre i fili di collegamento più lontano possibile dalla testina di cancellazione; alimentare l'apparecchio e mettere il bottone di comando nelle posizione « Registrazione », controllo di modulazione al minimo.

Agire sul trimmer C_{19} sino ad ottenere una deviazione pari a 16 mV sul mVoltmetro elettronico (GM 6005).

Registratore magnetico Philips a quattro piste, mod. EL 3542.

Questo registratore appartiene alla categoria dei medi, con bobine da 7 pollici, del tipo a quattro piste magnetiche, ed a tre velocità. È usato sempre lo stesso tipo di nastro, provvisto però di quattro piste magnetiche anzichè di due sole. Le quattro piste sono conseguenza dell'applicazione della stereofonia alla registrazione magnetica. Questo magnetofono non consente registrazioni stereofoniche, consente però la riproduzione di nastri preregistrati stereofonicamente.

Il passaggio da una coppia di piste all'altra avviene mediante un selettore di pista, a due posizioni. Alla fine di ciascuna pista, la coppia di bobine va invertita, come al solito; in una posizione del selettore si ottiene la registrazione delle piste 1 e 4, nell'altra quella delle piste 2 e 3.

L'apparecchio è provvisto di due testine magnetiche.

La fig. 15.26 riporta l'aspetto esterno del registratore, mentre la tav. VI ne riporta lo schema della parte elettronica.



Fig. 15.26. – Aspetto esterno del registratore Philips mod. EL 3542, a quattro piste magnetiche.

DATI TECNICI:

velocità del nastro: 4,75 - 9,5 - 19 cm/sec;

durata del nastro (m. 515): 4×3 - $4 \times {}^{1}/_{2}$ - $4 \times {}^{3}/_{4}$ ore;

banda di frequenza: 50÷7000 - 50÷15 000 - 50÷20 000 Hz;

diametro bobine: 8÷18 cm (3"÷7");

sensibilità ingresso: microfono 2,5 mV, fono 200 mV;

tensione uscita: max 1,5 V.

valvole: EF 86, ECC 83, ECL 82, EM 81, 1 diodo al germanio, 1 raddrizzatore al selenio.

Dello stesso autore

EDITORE ULRICO HOEPLI MILANO

Prezzo del presente volume L. 4000